

FACULTY OF GEO-INFORMATION SCIENCE  
AND EARTH OBSERVATION

**ITC**

GEONETCast – DevCoCast  
Manual de Aplicações

VERSÃO 1

Editores:

Dr. B.H.P. Maathuis

Dr. C.M. Mannaerts

Enschede, Holanda, Junho, 2011

**UNIVERSITY OF TWENTE.**





© Este trabalho é licenciado sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Netherlands. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/nl/> ou envie uma carta à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, EUA.

## RESUMO

Este documento é o resultado de um projeto de curso de treinamento avançado, feito sob medida e com duração de duas semanas, realizado no contexto do DevCoCast, na Faculdade ITC da Universidade de Twente, em Enschede, Holanda, em fevereiro de 2011.

Mais de 30 participantes de várias universidades africanas, latino-americanas e europeias, de centros de treinamento e pesquisas (espaciais) e projetos de colaboração internacionais afro-europeus assistiram a este curso. A maior parte deles têm participado de “workshops” e cursos de treinamento de curta duração anteriores, que vêm sendo oferecidos no contexto do projeto DevCoCast na África, alguns em conjunção com AMESD e a América Latina.

Após os participantes adquirirem um robusto conhecimento prático do assunto, o principal objetivo deste curso avançado foi desenvolver aplicações, demonstrando o uso dos dados disseminados via o GEONETCast, um sistema de difusão utilizando satélites de telecomunicação, e mais especificamente aqueles do canal DevCoCast.

Depois de um capítulo introdutório, descrevendo o sistema GEONETCast e o papel do projeto DevCoCast, vários capítulos destacam as aplicações desenvolvidas pelos participantes durante o curso, usando, sempre que possível, observações in situ e associando-as ao processamento e análise de várias imagens e produtos derivados de sensoriamento remoto. As áreas de aplicação contempladas abrangem vegetação, biomassa e diferentes avaliações agrícolas, conservação de habitats naturais, monitoramento de insetos e pestes, estimativas de chuva e evapotranspiração, detecção de fogo e focos de calor, monitoramento de secas e até mesmo algumas aplicações marinhas. As áreas de estudo selecionadas são na América do Sul, leste e sul da África.

O objetivo geral deste manual não é apenas demonstrar as vantagens da utilização de dados gratuitos, disseminados através do sistema GEONETCast, de baixo custo e alta confiabilidade, mas também tornar disponível um conjunto de exercícios que poderão ser usados em currículos de instituições de ensino superior, no âmbito de várias disciplinas, ou até mesmo por indivíduos interessados.

Os capítulos descrevem vários passos de análise e pré-processamento, de forma estruturada, seguindo uma metodologia clara, para diferentes áreas de aplicação. O seu ordenamento foi definido aleatoriamente. Apresentações de “PowerPoint” estão disponíveis para auxiliar na compreensão da metodologia descrita e ilustrar os resultados de exercícios. Para executar os exercícios, o ILWIS372 precisa ser instalado, assim como o “plug-in” denominado “caixa de ferramentas do GEONETCast”.

Ambos os utilitários podem ser obtidos gratuitamente em <http://52north.org>, juntamente com um manual de usuário para instalação e primeira utilização. Todos os materiais pertinentes – o manual completo, apresentações de “PowerPoint” de apoio, assim como amostras de conjuntos de dados para todos os exercícios, com compressão de arquivo de forma a garantir um tamanho mínimo, podem ser baixados em [ftp://ftp.itc.nl/pub/52n/gnc\\_devcocast\\_applications/](ftp://ftp.itc.nl/pub/52n/gnc_devcocast_applications/).

Espera-se que este documento e os exercícios nele contidos ajudem a integrar ainda mais os dados disseminados via GEONETCast e DevCoCast às práticas diárias das comunidades de usuários. Caso se interesse por submeter um novo exercício dentro da sua área de aplicação, sinta-se à vontade para contatar os editores deste manual.

This document is the result of a two weeks tailor made advanced training course project, conducted in the framework of the DevCoCast at the Faculty ITC of the University of Twente, in Enschede, The Netherlands in February 2011.

Ben Maathuis and Chris Mannaerts  
Department of Water Resources  
Faculty ITC – University of Twente  
Enschede, The Netherlands  
July 2011

## AGRADECIMENTOS

Um grande número de pessoas contribuiu de diversas formas para este manual. Antes de mais nada eu gostaria de agradecer aos autores dos vários capítulos por seu trabalho intenso durante as duas semanas do curso de treinamento avançado, que pode ser considerado a coluna dorsal deste esforço.

Sua participação no curso não poderia ter-se dado sem o apoio do projeto DevCoCast. Agradece-se a todos os parceiros deste projeto, por colocarem à disposição deste curso de treinamento as suas próprias equipes e por usarem as suas redes de contatos para sugerir outros especialistas de área e os incentivarem a contribuir para este esforço.

As contribuições apresentadas neste manual foram selecionadas a partir de propostas elaboradas por um grande número de pessoas, participantes de cursos regionais de treinamento in situ conduzidos no contexto do projeto DevCoCast. Eu gostaria de agradecer a todos aqueles que estiveram envolvidos na organização desses cursos regionais, como os de DevCoCast conduzidos no Kenya, Argentina e Brasil, entre outros países. Os esforços africanos foram conduzidos em estreita colaboração com AMESD, o seu apoio é altamente apreciado

Dado o grande número de propostas de tópicos recebido, a seleção foi difícil, mas por meio do apoio de parceiros, recursos financeiros adicionais puderam ser mobilizados, possibilitando convidar mais participantes para contribuir com este manual. Neste aspecto, menção especial precisa ser feita ao Instituto Flamengo de Pesquisa Tecnológica (VITO), na Bélgica, o Plymouth Marine Laboratory (PML), no Reino Unido, e a Universidade de Cape Town (UCT), na África do Sul. Por último, mas não com menor ênfase, gostaria de agradecer à equipe do ITC, que contribuiu para a organização e a execução do curso de treinamento em fevereiro de 2011. Agradeço também à direção do ITC por reconhecer a importância dos GEO, GEOSS e GEONETCast e disponibilizar recursos adicionais para dar continuidade às iniciativas globais.

Embora trabalhosa, foi uma grande experiência trabalhar com um numero grande de profissionais dedicados da África, Europa e América Latina na elaboração deste manual.

Ben Maathuis  
Dept. of Water Resources  
Faculty ITC – University of Twente  
Enschede, The Netherlands  
July 2011



# ÍNDICE

---

<b>1. introdução Ao GEONETCast e ao Projeto DevCoCast</b> .....	1
1.1. GEO e GEONETCast.....	1
1.2. O Projeto DevCoCast.....	3
1.2.1. Introdução .....	3
1.2.2. Vantagens da utilização do sistema de difusão GEONETCast.....	4
1.2.3. Parceria DevCoCast e a rede aberta estabelecida .....	4
1.2.4. Metodologia e resultados do projeto .....	6
1.3. EUMETCast.....	6
1.3.1. Introdução .....	6
1.3.2. Características Técnicas do EUMETCast.....	7
1.3.2.1. Provedores de Uplink, Turnaround e Dados .....	7
1.3.2.2. Multicast para usuários específicos via Encriptação/Desncriptação .....	8
1.3.2.3. Gerenciamento de Serviços e Diretórios de Serviços .....	8
1.3.2.4. Satélites de Telecomunicação .....	9
1.3.2.5. Alta confiabilidade por meio de supervisão de Rede .....	9
1.3.3. Estação de usuário EUMETCast.....	9
1.3.3.1. Componentes da Estação de Recepção.....	9
1.3.3.2. Chave EKV (“EUMETCast Key Unit”) e o Software Cliente .....	10
1.3.3.3. Tamanho da antena, parâmetros de alinhamento e satélite .....	11
1.3.4. Configuração de EUMETCast para fluxo de DevCoCast.....	12
1.4. Ampliando a infra-estrutura de difusão: os hubs DevCoCast.....	13
1.4.1. Características dos hubs .....	14
1.4.1.1. Controle de Largura de Banda .....	15
1.4.1.2. Priorização .....	15
1.4.1.3. Integração sem Emendas .....	15
1.4.1.4. Redundância .....	15
1.4.1.5. Operação básica do hub (Basic hub operation) .....	16
1.4.1.6. Monitoramento dos hubs.....	17
1.5. Software gratuito e de código aberto.....	18
1.5.1. Software de gerenciamento de dados.....	18
1.5.2. ILWIS Open.....	19
1.5.3. Software de Caixa Ferramentas (Toolbox) GEONETCast.....	19
1.6. Abrangência deste manual.....	19
Appendix 1 Lista de Produtos da VITO Land e do Hub Marinho da PML .....	22
<b>2. Quantificação de Biomassa acima do solo para Pradarias Naturais no Bioma dos Pampas</b>	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
2.1. Introdução e relevância da aplicação .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. Objetivo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. Área de Estudo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4. Conjuntos de dados usados no estudo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.1. Dados de Biomassa acima do solo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4.2. Dados de satélite.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5. Metodologia .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6. Processamento de Imagens de Satélite .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.1. Criando a série temporal de NDVI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6.2. Criando o “Sub mapa” .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.7. Visualizando a Área de Estudo Sobre uma Imagem de Satélite	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.8. Extraindo Valores de NDVI sobre a Área amostrada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

2.9.	Estabelecendo a relação entre NDVI e os valores de Biomassa acima do solo.....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
2.10.	Gerando o mapa de biomassa acima do solo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.1.	Calculando a biomassa acima do solo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.2.	Visualizando os resultados.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.11.	Verificação dos resultados.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.12.	Conclusões.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Appendix 1	Séries Temporais do NDVI sobre o EPA de Ibirapuitã para o ano de 2002.....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
Appendix 2	Séries Temporais de Mapas de Biomassa acima do Solo sobre o EPA de Ibirapuitã para o ano 2002.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>3.</b>	<b>Monitoramento de Cultivos Agrícolas</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.	Relevância do Tópico Escolhido.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.	Objetivo da Aplicação.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.	Metodologia.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.	Coleta e Pré-processamento de dados.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.1.	Pré-processamento, passo 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.1.1.	Importando arquivos brutos para o ILWIS, usando o menu “GLC- Toolbox” .....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
3.4.1.2.	Importando várias imagens usando rotinas de “batch looping”.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.2.	Pré-processamento, passo 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.3.	Pré-processamento, passo 3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.	Cálculo dos Diversos Índices de Séries Temporais.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.	Dados locais / regionais (in-situ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.	Combinando dados “insitu” com os de GEONETCast – DevCoCast ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>defined.</b>	
3.8.	Conclusões.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>4.</b>	<b>Estimativa de Evapotranspiração no Estado de Minas Gerais, Brasil</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
	<b>defined.</b>	
4.1.	Introdução .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.	Objetivo da Aplicação.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.	Metodologia.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.	Dados de entrada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.	Dados locais / regionais (in-situ).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.	Dados do GEONETCast-DevCoCast.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.	Análise dos dados .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.	Passos de pré-processamento dos dados necessários .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.1.	Importação de produtos LSA SAF .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.2.	Importação de produtos de SPOT Vegetation .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.3.	Submapa de Minas Gerais e reamostragem de outros mapas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1.4.	Mudança de Unidades para LST e ALBEDO dos Sub Mapas de Minas Gerais .....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
4.5.1.5.	Cálculo da Emissividade, Ângulo Zenital Solar e derive a radiação descendente.....	<b>Error!</b>
	<b>Bookmark not defined.</b>	
4.5.2.	Importação de Tabela e processamento de dados in situ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.	Executando o SEBS no ILWIS .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7.	Derivação de informações estatísticas agregando o estado de Minas Gerais e área pivô central .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.8.	Conclusões.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

<b>5. AVALIANDO A COBERTURA VEGETAL NA ESCALA DO ESTADO DE SÃO Paulo: “UMA FERRAMENTA PARA AUXILIAR PROCESSOS DECISÓRIOS”</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.1. Relevância e importância da aplicação</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.2. Objetivo da aplicação</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.3. Metodologia e área de estudo</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3.1. Metodologia adotada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3.2. Área de Estudo .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.4. Pré-processamento de Dados</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.1. Importando as imagens de S10 NDVI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.2. Criando uma Lista de Mapas para as imagens NDVI importadas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.4.3. Extraindo a Composição de Valor Máximo Mensal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.5. Análise de Dados</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5.1. Análises Estatísticas dos valores de NDVI para cada município .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5.2. Estimando a cobertura vegetal.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.5.3. Mapas de Cobertura Vegetal Municipal .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5.6. Conclusões</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6. UMA ABORDAGEM SIG USANDO PRODUTOS DERIVADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO para a Quantificação da Produtividade de Cana de Açúcar no Brasil.</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.1. Relevância da aplicação</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.1. O distanciamento entre ciência e o manejo agrícola .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.2. Tornando a modelagem de cultivo útil para a tomada de decisão: que resultados são necessários, e de que dados de entrada se precisa para atingir os objetivos de modelagem.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.3. Parâmetros agro-meteorológicos de produtos de sensoriamento remoto por satélite, uma abordagem SIG .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1.4. Cultivos de cana de açúcar no Brasil.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.2. Objetivos da aplicação</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.1. Objetivos gerais .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2.2. Objetivo específico.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.3. Dados utilizados</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.1. Dados locais/regionais (in-situ) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3.2. Produtos usados do GEONETCast .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.4. Metodologia</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5. Pré-processamento de dados para a quantificação da produtividade de cana de açúcar</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.1. Passo 1: Dando entrada aos dados NDVI e DMP usando o algoritmo adaptado da Caixa de Ferramentas GEONETCast</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.2. Step 2: Cálculo do FVC a partir de NDVI</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.3. Step 3: Computation of LAI from FVC</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.4. Passo 4: Cálculo do fator de crescimento a partir do LAI</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.5. Passo 5: Cálculo de potencial máximo de safra (yield potential, <math>Y_p</math>)</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.6. Passo 6: Estimativa de evapotranspiração (<math>ET_p</math>) por meio do produto <math>LSA - SAF ET_p</math></b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.7. Passo 7: Estimativa de produtividade de cana de açúcar</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.8. Passo 8: Máscara local de safra estimada</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.5.9. Passo 9: Produtividade Total da Safra usando a máscara do cultivo de cana de açúcar</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>6.6. Sumário e Conclusões</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>



## LISTA DE FIGURAS

---

Figure 1.1 Cerimônia de Abertura do GEO na sede da UN em Washington DC.....	1
Figura 1.2 Cobertura do GEONETCAST.....	2
Figura 1.3 Mapa resumo do DevCoCast.....	4
Figura 1.4 Arquitetura da EUMETCast.....	7
Figura 1.5 Janela do Software Cliente Tellicast.....	11
Figura 1.6 A CHAVE EKV.....	11
Figura 1.7 Eurobird 9 Cobertura e Configurações do transponder do Satélite.....	12
Figura 1.8 Atlantic Bird 3 Cobertura e Configurações do transponder do Satélite.....	12
Figura 1.9 NSS-806 América do Sul - Cobertura e Configurações do transponder do Satélite.....	12
Figura 1.10 Visão Global da provisão e disseminação de dados do DevCoCast.....	13
Figura 1.11 Visão Global dos Provedores de dados do DevCoCast , hubs e transmissão da EUMETCAST.....	14
Figura 1.12 Descrição de Alto-Nível da operação do hub.....	17
Figura 1.14 Gráfico das Transmissões do Hub Marinho do DevCoCast sobre vários dias.....	18
Figura 2.1 Localização da Área de Estudo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.2 Fluxograma da metodologia adotada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.3 SPOT Vegetation NDVI, América Latina, de 2002-01-01.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.4 Opções para criar o Sub Map da área de estudo e mapa resultante obtido.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.5 Gráfico dos valores de NDVI s colectados sobre a amostra de área usando usando a lista “Ibirapuita_2002”.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.6 Tabela com medidas insitu e gráfico de dispersão mostrando a a relação.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.7 Função Exponencial derivada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.8 Opções para gerar o ajuste para o mapa de biomassa acima do solo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.9 A representação de cores para a biomassa acima do solo do Pampa.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 2.10 Mapa da Biomassa acima do solo para Janeiro-2002.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 2.11 Residual analysis.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 3.4 Região selecionada no Sudeste do Brasil.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.2 Metod. p/ Monitoramento de produtividade de culturas usando índices do SPOT-VEGETATION.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.3 Menu do GNC-“Toolbox” para importar produtos do SPOT VGT para a América Latina.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.4 O Diretório da rotina de “batch” do GNC-Toolbox.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 3.5 SPOT VGT NDVI import batch file for Latin America.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 3.6 For – Do loop batch procedure.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.8 NDVI S10 Rotina de importação da Informação de Tela.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.8 Criando uma Lista de MAPAS.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 3.8 Reamostrando uma lista de Mapas.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figure 3.9 Cálculo da Lista de Mapas para derivar o FVC usando séries temporais do NDVI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

Figura 3.10 Dados locais de áreas com cana de açúcar, café, biocombustíveis, e reflorestamento nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, Sudoeste do Brazil..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 3.11 Mapa de NDVI com máscara de café e gráfico de séries temporais de um pixel..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 3.12 A Tabela resultante para o café contendo os valores de índices das séries temporais ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.14 Gráficos de Séries Temporais de cana de açúcar , bio combustível, e reflorestamento ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 4.4 Fluxograma mostrando os passos principais para derivar a ET usando modelo SEBS no ILWIS e o GEONETCast toolbox.....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.2 Criando um sub mapa do SPOT VGT4 NDVI p/ o Est. de Minas Gerais e detalhes do sub map .....**Error! Bookmark not defined.**

Figure 4.3 Configurações para a Reamostragem e o sub mapa resultante de Albedo **Error! Bookmark not defined.**

Figure 4.4 Ângulo Solar Zenital do MSG para o disco completo para o reamostrado para a georeferência de Minas Gerais .....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.5 Editando a Primeira Coluna de cada linha com o nome apropriado da coluna..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.6 Tabela para indicar a conversão de mapa e a distribuição de estações de terra do INMET**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.7 Tela de entrada de dados do SEBS no ILWIS .....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.8 SEBS ET diário (mm/dia), usando único valor de radiação solar descendente (à esquerda) e mapa LSA SAF DSSF (à direita).....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.9 Detalhe de Mapa mostrando várias camadas de vectores de áreas irrigadas por pivôs centrais .....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 4.10 Agregando a evapotranspiração diária do SEBS para os pivôs centrais... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.1 Fluxograma da metodologia adotada. ....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.2 Estado de São Paulo com as fronteiras municipais e sua localização no Brasil..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.3 Importando imagens NDVI S10 usando o Geonetcas Toolbox “plug-in” ...**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.4 Exemplo de lista de Mapas criada com três décadas de Dezembro de 2009 ...**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.5 Composição mensal do valor máximo do NDVI com o mapa vector político do Estado de São Paulo.....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.6 Configurações do Sub-Mapa para selecionar a região do Estado de São Paulo..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.7 Agregação de colunas e adição da coluna resultante à tabela externa..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.8 Cálculo da Lista de MAPAS .....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.9 Cobertura de Vegetação para Janeiro - 2008 .....**Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.10 Cobertura de Vegetação agregada por município, Estado de São Paulo, Janeiro- 2008..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 5.11 Cobertura de Vegetação Agregada e gráfico de séries históricas de um pixel..... **Error! Bookmark not defined.**

Figura 6.1 Fluxograma da metodologia adotada.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 6.2 Cálculo do FVC de uma série temporal do NDVI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 6.5 Cálculo da lista de Mapas LAI para obter LAI .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 6.9 Ye-total para a area de Cururipe e resultados cruzados usando a mascara decana de açúcar. .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## LISTA DAS TABELAS

---

Tabela 1.1 GEONETCast – Principais provedores de dados de satélites e produtos derivados .....	3
Tabela 1.2 Dimensões das Antenas para várias Regiões.....	11
Tabela 2.1 Datas selecionadas para os arquivos NDVI usados neste estudo.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabela 3.1 Conjunto de Equações Usadas .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabela 6.1 - $K_c$ para vários estágios de crescimento da cultura.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# 1. INTRODUÇÃO AO GEONETCAST E AO PROJETO DEVCOCAST

Por: Cesar de Mello<sup>1</sup>, Matthew Medland and Mike Grant<sup>2</sup>, Tim Jacobs<sup>3</sup>

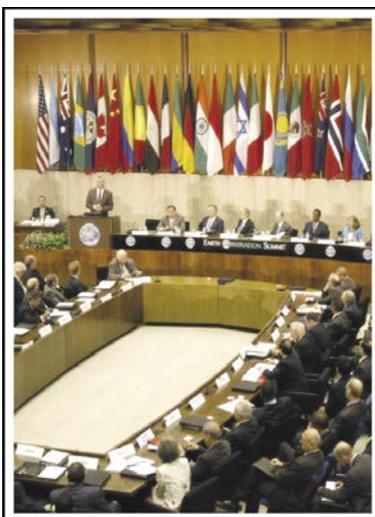
## 1.1. GEO e GEONETCast

O Grupo de Observações da Terra (Group on Earth Observations, GEO), uma organização intergovernamental, foi estabelecido em Maio de 2005. Ele propõe a coordenação dos sistemas de observação da Terra de vários países, promove o conceito de estabelecer um sistema global de observações da Terra que trará uma ampla gama de benefícios à sociedade tais como:

- redução da perda de vidas e de bens em decorrência dos desastres naturais e dos induzidos pelo homem;
- compreensão dos fatores ambientais que afetam a saúde e o bem-estar humanos;
- melhoria da gestão de recursos energéticos;
- compreensão, avaliação, previsão, mitigação e adaptação à variabilidade e às mudanças climáticas;
- melhoria da gestão de recursos hídricos pelo aumento da compreensão do ciclo hidrológico;
- melhoria da informação, previsão e dos alertas meteorológicos;
- melhoria da gestão e proteção dos ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos;
- apoio à agricultura sustentável e o combate à desertificação; e a compreensão, monitoramento e conservação da biodiversidade.

A partir de outubro de 2011, os membros do GEO incluem 86 governos além da Comissão Europeia. Adicionalmente, 61 organizações intergovernamentais, internacionais e regionais com alguma função de gerência sobre as observações da Terra ou assuntos relacionados foram reconhecidas como Organizações Participantes. GEO já se tornou a maior organização internacional na área da observação da Terra.

Para maiores informações sobre GEO consulte: <http://www.earthobservations.org>.



*Figure 1.1 Cerimônia de Abertura do GEO na sede da UN em Washington DC*

<sup>1</sup> CPTEC-INPE, [cesar.mello@cptec.inpe.br](mailto:cesar.mello@cptec.inpe.br) (Corresponding Author)

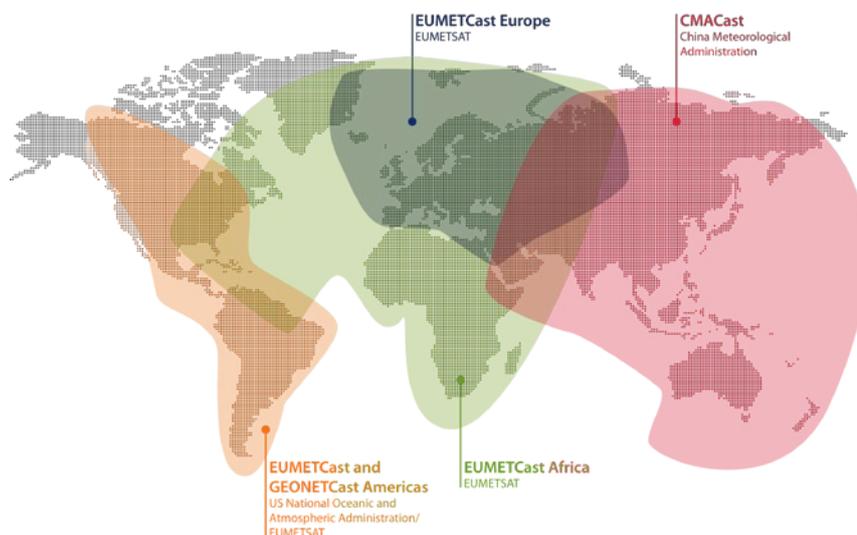
<sup>2</sup> Plymouth Marine Laboratory (PML)

<sup>3</sup> Flemish Institute for Technological Research NV (VITO)

Uma das importantes tarefas de GEO é promover o compartilhamento de dados de observação da Terra, e desenvolvimentos apreciáveis têm sido atingidos neste aspecto. Um destes é o aperfeiçoamento do Global Earth Observation NETCast (GEONETCast), e por meio deste sistema de disseminação, a provisão, quase em tempo real, de informações de satélites, aéreas e terrestres, assim como produtos delas derivados, promovendo benefícios sociais em várias áreas. Um destes é o desenvolvimento do GEONETCast, uma rede global de disseminação de dados baseada em difusão por satélite que compartilha dados ambientais e produtos de informação deles derivados para uma comunidade de usuários espalhada por todo o globo, em tempo quase real. Esta rede GEONETCast única é parte do núcleo de infraestrutura de GEOSS, e provê atualmente acesso global, confiável e de baixo custo a 100 diferentes imagens e produtos de Observação da Terra (Earth Observation, EO), a partir de 35 provedores ao redor do mundo. A rede é constituída de três provedores regionais, e um quarto está sendo adicionado, o “Russian Mitra”:

- EUMETCast: operado pela Organização Européia para a Exploração de Produtos de Satélite (European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT), cobrindo a Europa, a África, partes da Ásia e das Américas;
- CMACast: operado pela Administração Meteorológica da China (China Meteorological Administration, CMA), cobrindo a Ásia e partes do Pacífico (uma melhoria considerável do antes denominado FengYunCast);
- GEONETCast-Americas: operado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) dos Estados Unidos, cobrindo as Américas do Norte, Central e do Sul e o Caribe.

Os três operadores principais, NOAA, EUMETSAT e CMA, são chamados de centrais de rede do GEONETCast (GEONETCast Networking Centres, GNC). A cobertura do GEONETCast está ilustrada na Figure 1.2. Os principais provedores de dados de satélite e de produtos deles derivados, na rede GEONETCast, estão listados na tabela 1.1.



**Figura 1.2 Cobertura do GEONETCAST**

EUMETSAT e sua rede de Instalações para Aplicações de Satélites (Satellite Application Facilities, SAFs)	Meteosat (a cada 15 minutos), Jason e MetOp (por passagem local de satélite) dados de satélite e produtos meteorológicos para aplicações atmosféricas, terrestres e marinhas
NOAA	Dados dos satélites GOES e POES e produtos NOAA-NESDIS para aplicações atmosféricas e marinhas
CMA	Dados do satélite FengYun (FY 1/2/3)
VITO	Vários produtos derivados de SPOT-Vegetation para aplicações terrestres.
ECMWF/ U.K. Met Office, Deutscher Wetterdienst, Météo-France	Produtos observacionais e de previsão para aplicações atmosféricas, marinhas e terrestres.

**Tabela 1.1 GEONETCast – Principais provedores de dados de satélites e produtos derivados**

Uma listagem atualizada dos produtos e dados disponíveis pode ser obtida acessando-se o navegador de produtos, “Product Navigator” mantido por EUMETSAT, e está disponível na sua página de internet (<http://www.eumetsat.int>).

## 1.2. O Projeto DevCoCast

### 1.2.1. Introdução

Muitos países em desenvolvimento e economias emergentes (China, Brasil) enfrentam sérios riscos ambientais e precisam de acesso confiável a dados precisos de Observação da Terra e informações ambientais deles derivadas para para o seu desenvolvimento sustentável. O Projeto GEONETCast por e para os Países em Desenvolvimento (**GEONETCast for and by Developing Countries Project DevCoCast**), financiado pelo 7o Programa-Quadro (Framework Program) para Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (FP7) da Comissão Européia, envolve de forma mais próxima os países em desenvolvimento na iniciativa GEONETCast. O DevCoCast faz uso do GEONETCast para disseminar os dados ambientais de valor agregado existentes (tanto os in-situ quanto os baseados em satélites) de várias fontes na África, nas Américas do Sul e Central, na Ásia e na Europa, para uma extensa gama de usuários finais em países em desenvolvimento. Para ajudar na organização e priorização, e agendamento do fluxo de produtos, o DevCoCast estabelece hubs centrais que integram-se sem interrupções à rede GEONETCast. Ao mesmo tempo, a rede de receptores de satélite é expandida na América do Sul, assim como para a pesquisa marinha, para serviços de informação sobre gafanhotos na África e para um intercâmbio piloto de GEONETCast com a China, dando suporte a serviços de informação marinha.

Ainda maior importância tem o fato de o uso dos produtos por uma comunidade crescente receber apoio na forma de treinamentos, ampliando e mantendo redes e capacidades pré-existentes. Isto é feito em diversos continentes e para vários temas de aplicação, como vegetação e agricultura, focos de queimada, enchentes, recursos hídricos, oceano, tempo e clima. O objetivo é introduzir e integrar os produtos oferecidos por GEONETCast e de Observação da Terra aos currículos educacionais, à pesquisa, ao monitoramento ambiental e à processos de tomada de decisão, em apoio ao desenvolvimento sustentável.

Ainda maior importância tem o fato de o uso dos produtos por uma comunidade crescente receber apoio na forma de treinamentos, ampliando e mantendo redes e capacidades pré-existentes. Isto é feito em diversos continentes e para vários temas de aplicação, como vegetação e agricultura, focos de queimada, enchentes, recursos hídricos, oceano, tempo e clima. O objetivo é introduzir e integrar os produtos oferecidos por GEONETCast e de Observação da Terra aos currículos educacionais, à pesquisa, ao monitoramento ambiental e à processos de tomada de decisão, em apoio ao desenvolvimento sustentável.

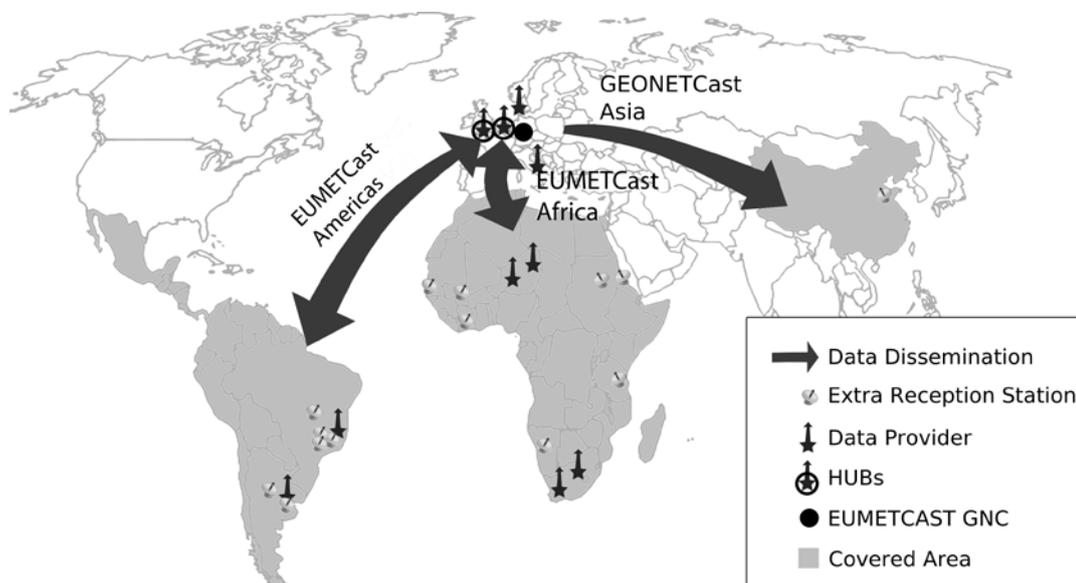


Figura 1.3 Mapa resumo do DevCoCast

### 1.2.2. Vantagens da utilização do sistema de difusão GEONETCast

Apesar da maior parte dos usuários encontrar-se atualmente na Europa e na China, o sistema de difusão é particularmente útil para os países em desenvolvimento, onde pode ajudar a evitar os altos custos de manutenção de uma rede de conexões confiáveis à internet, com capacidade suficiente para suportar o tráfego de grandes volumes de produtos de Observação da Terra (por exemplo, longe das grandes cidades). Outras vantagens são:

- A disponibilidade de equipamentos de recepção de baixo custo e comercialmente disponíveis (“off-the-shelf”);
- Alta confiabilidade e alta taxa de transferência de dados;
- A grande variedade de imagens e produtos gratuitamente disponíveis;
- O compromisso de longo prazo com a manutenção da infraestrutura, particularmente da EUMETSAT com relação à África;
- A rede de receptores em constante crescimento e o número crescente de produtos e provedores de dados externos.

Com GEONETCast os usuários não precisam construir repetidamente estações de recepção para diferentes satélites. Esta conveniente solução de um sistema único permite que dados de diferentes provedores sejam difundidos por satélites de telecomunicações. Acesso aos dados exige um terminal receptor semelhante ao de uma TV ou a um receptor de internet por satélite.

### 1.2.3. Parceria DevCoCast e a rede aberta estabelecida

O projeto DevCoCast é coordenado pelo Instituto Flamengo de Pesquisas Tecnológicas (Flemish Institute for Technological Research NV, VITO), Bélgica. Além do VITO, outras 14 organizações da África (4), América do Sul (4) e Europa (6) unem-se para fazer do DevCoCast um sucesso. Para liderar este projeto, VITO lidera um Grupo Diretor de nove parceiros, três de cada continente envolvido. As organizações colaboradoras dentro do DevCoCast são:

- Instituto Flamengo de Pesquisas Tecnológicas NV (VITO), Bélgica
- Centro Africano de Aplicações Meteorológicas para o Desenvolvimento (“African Centre of Meteorological Application for Development ACMAD), Nigéria.
- Centro Regional de Treinamento e Aplicações Operacionais em Agro-Meteorologia e Hidrologia (Regional Centre for Training and Operational Applications in Agro-meteorology and Hydrology, AGRHYMET), Nigéria.
- Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), do Ministério da Agricultura, Brasil
- Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN), Argentina
- Conselho para Pesquisas Científicas e Industriais – Instituto Meraka (Council for Scientific and Industrial Research, CSIR), África do Sul
- Instituto Dinamarquês de Meteorologia (Danish Meteorological Institute, DMI), Dinamarca
- Organização Européia para a Exploração de Satélites Meteorológicos (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites, EUMETSAT), Alemanha
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil
- Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA), Argentina
- Universidade de Twente – Faculdade de Ciências da Geo-Informação e Observação da Terra (ITC), Holanda
- Comissão Européia - DG Joint Research Centre - Instituto para a Sustentabilidade Ambiental (JRC), Itália
- Natural Environment Research Council - National Oceanography Centre Southampton (NOCS), Reino Unido
- Instituto de Pesquisas Marinhas (Marine Research Institute) – Universidade de Cape Town (MRSU, UCT), África do Sul
- Laboratório Marinho de Plymouth (Plymouth Marine Laboratory, PML), Reino Unido

Além destes parceiros integrais, outras 10 organizações receberam um receptor de satélite financiado por DevCoCast, instalado pelos (ou com ajuda dos) parceiros, e são por sua vez solicitados a mostrar o impacto do GEONETCast no seu trabalho diário. Estas Organizações Associadas incluem:

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro para Monitoramento por Satélite (CNPM), Brasil
- Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI), Brasil
- Quatro institutos de pesquisas marinhas
  - Universidade de Cheikh Anta Diop, Laboratório para Treinamento e Pesquisa em Geo-mática (Laboratory for Training and Research in Geo-matics, LERG), Senegal
  - Universidade de Dar es Salaam, Instituto de Ciências Marinhas (IMS), Tanzânia
  - Ministério de Pesca e Recursos Marinhos, Centro Nacional de Informações e Pesquisas Marinhas (National Marine Information and Research Centre, NatMIRC), Namíbia
  - Universidade de Ghana (UG)
- Centros e escritórios nacionais de controle de gafanhotos de Mali (CNLCP), Sudão e Eritrea
- Companhia de Tecnologias Marinhas de Jiangyin (Jiangyin Marine Technology Co. Ltd., JYMT), China

Mesmo com esta ampla parceria, a verdadeira rede de organizações envolvidas com ou relacionadas ao DevCoCast é ainda maior. Ela, por exemplo, conecta e ajuda a fortalecer a rede EUMETCast no Brasil (cerca de 50 organizações) a rede AMESD na África (todos os serviços meteorológicos nacionais sub-saarianos e vários outros ministérios nacionais de agricultura e meio ambiente), a Rede Sul-Africana de Fogo (South Africa Fire Network, SAFNET) composta por bombeiros e pessoas envolvidas com o manejo de fogo, organizações internacionais como a “Food and Agriculture Organization”, das Nações Unidas (UN-FAO) e muitas outras redes existentes de receptores de satélite e usuários GEONETCast (por exemplo, FP7-Geoland2/FP6-VGT4Africa, ChloroGIN, FP6-YEOS), e redes de treinamento (EUMETSAT, ITC). Isto significa que a comunidade de usuários agora inclui centenas de especialistas em Observação da Terra. Por exemplo, a rede de usuários dos dados de SPOT-VEGETATION fornecidos foi de aproximadamente 100 no final de 2007, todos situados na África, para mais de 300 atualmente, situados na África e na América do Sul (relatório final VGT4Africa, 2008).

Para que isto fosse possível, desde o início o DevCoCast construiu sobre redes pré-existentes, e permanece muito aberto ao apoio de qualquer organização interessada em utilizar o GEONETCast, seja como provedor ou usuário/receptor produtos.

#### 1.2.4. Metodologia e resultados do projeto

O projeto DevCoCast tem quatro atividades principais:

1. Compartilhar diversos produtos de Observação da Terra (alguns produzidos na África e América do Sul) através de continentes e até mesmo globalmente, usando EUMETCast e um compartilhamento piloto de dados do GEONETCast. Isto inclui a revisão e harmonização de produtos, com o objetivo de simplificar o seu uso. O Apêndice 1 traz uma listagem de produtos
2. Estender a infraestrutura existente com nós adicionais centrais terrestres e oceânicos até a central de redes do GEONETCast, operada pelo EUMETSAT, configurada para definir prioridades e fazer o ordenamento de produtos recebidos de Observação da Terra, antes de enviá-los ao EUMETSAT para difusão. Adicionalmente várias estações receptoras de satélites são inauguradas ou melhoradas na África (7), América do Sul (6) e China (1).
3. Capacitação e formação de pessoal pelo apoio e treinamento dos usuários através de vários “workshops” internacionais, centrais de atendimento ao usuário, pacotes de treinamento independentes (“stand-alone”), incrementando redes de treinamento pré-existentes.
4. Por fim, incrementando e mantendo capacidades e redes pré-existentes para integrar GEONETCast e os produtos que oferece aplicações para a educação cotidiana, pesquisa, monitoramento ambiental e tomada de decisão.

Com produtos sendo difundidos por quase todos os dez provedores de produtos do DevCoCast (veja o apêndice 1), os hubs terrestres e marinhos totalmente operacionais e quase todas as estações receptoras instaladas e em funcionamento, as duas primeiras dentre as atividades principais estão próximas a serem completadas. Vários “workshops” de sucesso, com mais de 300 participantes, foram organizados usando softwares de código aberto e softwares gratuitos para gerir e processar os dados difundidos pelo GEONETCast. Há disponibilidade parcial de material de treinamento e há mais sendo desenvolvido. Este material, inclusive este documento, será disponibilizado gratuitamente em vários idiomas. O projeto agora atingiu o seu estágio final e mais importante: demonstrar os benefícios e a utilização prática do GEONETCast para a comunidade de usuários através dos continentes, e para vários temas de aplicação, com vistas a promover a utilização continuada do GEONETCast na África, América do Sul e Sudeste Asiático. A inauguração da rede derivada (the start-up of the follow-on) Rede Marinha Afro-Européia (Europe-Africa Marine Network, EANMET, FP7), garante continuidade, maior capacitação de pessoal, e mostra o sucesso da adoção de GEONETCast para aplicações marinhas na África. O novo projeto AGRICAB (também financiado pelo FP7), a ser iniciado em paralelo ao DevCoCast, dá maior garantia de continuidade de uso dos dados de GEONETCast para aplicações terrestres (agricultura, silvicultura) na África, no futuro próximo.

### 1.3. EUMETCast

#### 1.3.1. Introdução

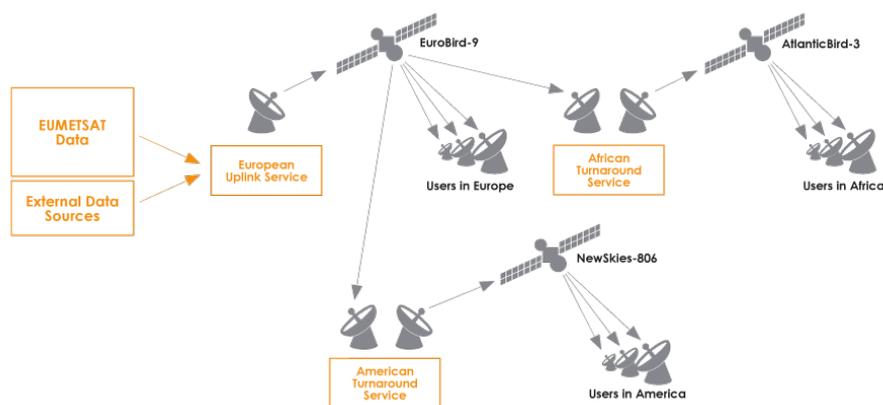
Para a difusão da grande variedade de produtos DevCoCast, a partir de dez fontes distintas e para centenas de receptores/usuários, particularmente na África, América do Sul e na China, o projeto complementa e estende a difusão do EUMETCast, operada pelo EUMETSAT e como tal é um dos principais componentes GEONETCast. Isto inclui:

- contratar largura de banda de difusão (o chamado canal DEVCOCAST-1);
- atualizar a configuração dos sistemas de disseminação EUMETCast do EUMETSAT;
- adicionar dados ao compartilhamento de dados EUMETCast-CMACast para difusão (demonstrativa) sobre a China;
- dar suporte à instalação de novas estações GEONETCast aconselhando e provendo suporte remoto aos usuários quando necessário.

EUMETCast é um sistema múltiplo de difusão (“multicast”) que usa tecnologia padrão de Difusão de Vídeo Digital (Digital Video Broadcast, DVB) para transportar pacotes de dados em IP (datagramas em IP) através de um conjunto de satélites de telecomunicações geoestacionários, também usados para difusão de internet e TV via satélite. Isto é feito num sistema cliente/servidor, com o lado servidor implementado no site de subida (“uplink”) da EUMETCast e o lado cliente instalado nas várias estações receptoras EUMETCast. Os componentes envolvidos incluem:

- Provedores de dados
- Gerenciamento de serviços
- Provimento de serviço de subida dos dados (“uplink”)
- Provedores de serviços de repetidoras (“turn around”)
- Satélites
- Estações de recepção

Quanto à transmissão, os produtos próprios de EUMETSAT e os externamente providos são transferidos como arquivos por uma linha de comunicações de EUMETSAT dedicada à infra-estrutura de “uplink”. Este sistema então os codifica e transmite aos satélites de comunicação para que sejam difundidos (usando um conjunto de canais de envio, não (ainda) de canais de retorno) para determinadas estações receptoras de usuários. Cada receptor decodifica o sinal e recria os dados/produtos. Uma única estação de recepção pode assim receber qualquer combinação dos serviços de dados oferecidos em EUMETCast, de acordo com as políticas de dados relevantes e após o registro para obtenção da (usualmente gratuita) licença de acesso aos dados e serviços.



**Figura 1.4** Arquitetura da EUMETCast

### 1.3.2. Características Técnicas do EUMETCast

Alem das vantagens gerais do GEONETCast (see section 1.3), EUMETCast tem as seguintes características:

- A transmissão segura permite que múltiplas difusões (“multicast”) sejam direcionadas a um usuário ou grupo específico, podendo assim dar suporte a qualquer política de dados;
- Lida com qualquer formato de dados, permitindo a disseminação de uma ampla gama de produtos;
- Uso de repetidoras DVB permite facilidade na extensão da cobertura geográfica;
- Os usuários podem receber muitos fluxos de dados por meio de uma estação, que usa equipamentos (de DVB) comercialmente disponíveis.
- Uma base instalada de mais de 1700 estações de usuários;
- Arquitetura de sistema facilmente redimensionavel ).

#### 1.3.2.1. Provedores de Uplink, Turnaround e Dados

O provedor de serviço de subida dos dados (“uplink”) desempenha as seguintes tarefas:

- Recebe de todos os provedores, todos os dados a serem disseminados;
- Coordena todas as transmissões de acordo com as configurações de serviço;
- Criptografa os dados de acordo com a configuração de disseminação do usuário;
- Aplica aos dados de “multicast” técnicas de “FEC” (“Forward Error Correction” – Correção de Erros à Frente). Essas técnicas transmitem informação redundante adicional para possibilitar aos receptores a correção de certa quantidade de dados perdidos sem que seja necessária a retransmissão;
- Converte os arquivos para padrão de “Digital Video Broadcast” (DVB – Difusão de Vídeo Digital);
- Difunde o sinal usando um satélite comercial;
- Recebe os dados de “multicast” numa estação receptora local de referência para o monitoramento do serviço.

Para EUMETCast, o sistema de “multicast” provido por T-Systems GmbH é baseado em um sistema cliente/servidor desenvolvido por Tellitec com o lado servidor implementado no site de uplink EUMETCast em Usingen (Alemanha). O lado cliente é instalado em todas as estações de recepção EUMETCast. Há vários provedores, inclusive o próprio EUMETSAT, que fornecem dados ao site de “uplink” via FTP, através de várias linhas de comunicação.

O provedor de serviços de repetidora recebe o sinal de DVB de um satélite e o retransmite a outro, sem desempacotamento dos pacotes DVB. Telespazio S.p.a. provê o serviço de repetidoras em banda-C para EUMETCast África a partir do seu site de uplink em Fucino (Italia) e Globecast provê o mesmo serviço para EUMETCast-Americas da sua infra-estrutura de “uplink” em Paris (França).

### 1.3.2.2. Multicast para usuários específicos via Encriptação/Descriptação

O sistema EUMETCast permite o direcionamento independente de arquivos a usuários individuais ou grupos de usuários, possibilitando assim o controle seguro do acesso ao nível de cada arquivo e cada usuário. A criptografia dos dados é feita pelo uplink de EUMETCast e a descriptografia pelo Software Cliente EUMETCast, instalado na estação de recepção. A maior parte dos dados e produtos fornecidos são criptografados com senhas dos usuários, fazendo com que fiquem disponíveis apenas quando o usuário já estiver registrado para recebê-los e já tenha recebido permissão de acesso (uma licença, usualmente gratuita) de acordo com a política de dados em vigência (por exemplo, a política de dados EUMETSAT para os dados EUMETSAT). Esta exigência de cadastramento também fornece aos provedores uma idéia clara do número de estações de recepção EUMETCast recebendo os seus produtos, e desta forma promove a continuidade no fornecimento dos mesmos. O registro de usuário pode ser feito online, usando o portal de Observações da Terra de EUMETSAT (disponível em: [http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataAccess/\\_EOPortal/index.html?l=en](http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataAccess/_EOPortal/index.html?l=en)). Para permitir a descriptografia pelo Software Cliente EUMETCast no lado receptor, a estação precisa estar equipada com uma Chave EUMETCast Decriptográfica (“EKU”). A “EKU” é conectada de maneira simples, via USB, e a EUMETSAT gerencia a distribuição dos seus dispositivos para os usuários registrados.

### 1.3.2.3. Gerenciamento de Serviços e Diretórios de Serviços

O gerenciamento da configuração de serviços é feita por EUMETSAT, que provê a configuração do serviço (largura de banda, usuários, parâmetros de disseminação, etc.) para o provedor de “uplink” DVB. O gerenciamento da capacidade de largura de banda do transponder de satélite disponível para EUMETCast é feito por meio de canais e do uso de um esquema de prioridades.

O software de gerenciamento de “multicast” DVB adapta o fluxo de “uplink” de acordo com as prioridades relativas dos dados que aguardam transmissão em um canal particular.

A interface EUMETCast é baseada em um conceito chamado ‘Diretório de Serviços’, pontos de entrada para os quais os dados a serem difundidos de forma múltipla (“multicast”) são transferidos. Para organizar o fluxo, cada diretório de serviço é associado a uma lista de distribuição, que identifica todos os usuários EUMETCast com direito a receber os dados transferidos para o diretório. A estrutura do diretório de serviços é também usada para atribuir características de largura de banda a um conjunto particular de produtos ou diretórios.

### 1.3.2.4. Satélites de Telecomunicação

Os satélites usados pelos provedores de uplink para retransmitir o multicast do EUMETCast formam parte da frota de satélites Eutelsat e New Skies:

- EUROBIRD™ 9 (localizado em 9° Leste) disponibiliza 20 transponders “Ku-band”, totalmente operacionais, provendo cobertura sobre a Europa, Norte da África e Oriente Médio. Sob os arranjos atuais do provedor de uplink, EUMETCast está sendo disponibilizado via um dos transponders de “Ku-band”;
- ATLANTIC BIRD™ 3 (localizado em 5° Oeste) traz uma carga útil de 45 transponders (35 Ku-band, 10 C-band) com cobertura sobre a Europa a África e o Oeste da Ásia. Sob os arranjos atuais do provedor africano de “turnaround”, EUMETCast é disponibilizado via um dos transponders de banda-C;
- NSS-806 (localizado em 40.5° Oeste) provê uma visão otimizada da América do Sul, ao mesmo tempo em que também alcança a Península Ibérica, as Ilhas Canárias, o Oeste da Europa e boa parte do Leste Europeu. O seu feixe hemisférico de alta potência feito sob medida provê cobertura simultânea sobre Europa e as Américas, com cobertura quase total das Américas do Norte, Central e Sul. EUMETCast é disponibilizado para um dos transponders de banda C.

Os acordos com os provedores de satélite e de repetidoras são renovados por meio de um procedimento fixo de licitação que pode causar mudanças aos satélites sendo utilizados. Porém isto não é freqüente, já que os acordos são, tipicamente, válidos por vários anos.

### 1.3.2.5. Alta confiabilidade por meio de supervisão de Rede

Estações de recepção de referência são usadas para monitorar o estado do sistema. Elas existem em cada provedor de dados, de serviços de uplink e em cada provedor de serviço de “turnaround”. Cada provedor de dados é

responsável pelo monitoramento ponta a ponta (end-to-end) dos seus próprios dados. EUMETSAT monitora de ponta a ponta o serviço relativo aos dados providos pela EUMETSAT.

### 1.3.3. Estação de usuário EUMETCast

Uma única estação de recepção pode, potencialmente, receber todos os dados sendo transmitidos por um satélite de comunicação (um feixe de difusão), independentemente do provedor de dados.

#### 1.3.3.1. Componentes da Estação de Recepção

Baseado no número substancial de testes feitos com EUMETSAT's e das experiências dos usuários, uma típica estação de recepção de EUMETCast compreende:

- um PC comum, com um cartão de DVB inserido ou conectado a um roteador DVB (por exemplo, via USB)
- uma antena de satélite de foco principal ou deslocado (“off-set”), que inclua
  - um V/H LNB digital universal para Ku-band (EUMETCast-Europe),
  - um alimentador de polarização circular, filtro passa banda (em áreas com interferência de radar) e um LNB especial para C-band (EUMETCast-Africa ou –Americas).
- O Software Cliente EUMETCast e, na maior parte dos casos uma Chave EUMETCAST Decriptográfica (“EKU”) são também necessários para decodificar e descriptar o sinal de DVB.

Recomenda-se que sejam utilizados e configurados dois PCs – um para recepção de DVB (e serviço de FTP para a rede) e outro para processamento. Uma vez que picos na utilização do disco rígido e do barramento poderiam interromper a recepção de dados DVB, recomenda-se que os dados não sejam processados nem visualizados, nem sequer descompactados nos PCs dedicados à recepção dos dados. O segundo PC pode ser usado para esses fins.

Os requisitos mínimos do PC são: Pentium™ IV 2.0 GHz; 1Gb RAM, 36Gb de disco interno (ou mais, dependendo do armazenamento necessário); portaUSB port para o EKU; barramento PCI de 5 volt (compatível com a placa de DVB PCI recomendada); Placa de Ethernet 100/10 (se necessário). Web browser Microsoft Internet Explorer versão 5.5 ou posterior, ou Mozilla, ou similar, que inclua JAVA RTE, (necessário para a visualização da informação de monitoramento TELLICAST).

Um guia passo a passo, fornecido por EUMETSAT forma parte da Descrição Técnica do EUMETCast (EUMETCast Technical Description, EUM TD 15, 2004 and 2010). Consulte esse documento para obter uma descrição atualizada das configurações testadas de PC e placas DVB.

O custo das estações de recepção EUMETCast é mantido num mínimo utilizando-se, tanto quanto possível, padrões industriais abertos, permitindo assim o uso de equipamentos comerciais, disponibilizados por provedores de TV/internet por satélite. Além dos equipamentos de “front-end”, do Software Cliente EUMETCast e da EKU, softwares de processamento de dados e visualização são frequentemente necessários, dependendo da aplicação sendo utilizada e das necessidades do usuário. A não ser que o usuário já disponha de software de processamento adequado, DevCoCast recomenda o uso de softwares gratuitamente disponíveis, como o ILWIS e a caixa de ferramentas GEONETCast (veja a seção 1.5).

#### 1.3.3.2. Chave EKU (“EUMETCast Key Unit”) e o Software Cliente

EUMETSAT provê o Software Cliente EUMETCast (TELLICAST) e a Chave Decriptográfica (EKU) necessários para descriptografar o sinal de DVB e facilitar o acesso a serviços restritos ou licenciados, respectivamente. Eles são fornecidos juntos, como uma unidade de memória USB e um CDROM, como parte do pacote EUMETCast. Este pacote é disponibilizado para todos os usuários registrados e inclui:

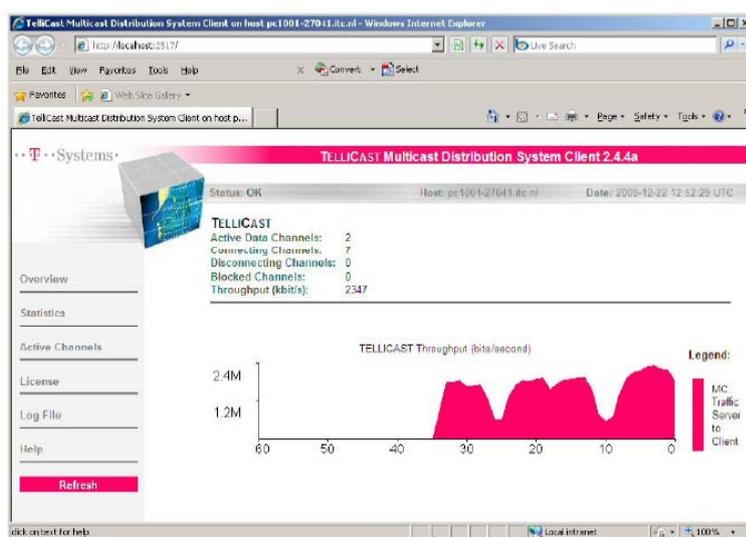
- A versão mais atual do Software Cliente EUMETCast (TELLICAST);
- Ambiente de execução da EKU, disponível tanto para ambientes MS Windows como para sistemas Linux;
- Uma seleção de drivers para placas DVB;

- Documentação, notas sobre resolução de problemas, arquivos de instrução (tipo “leia-me”), notas sobre a licença Tellicast, etc.

O software cliente EUMETCast está disponível para MS Windows e sistemas Linux e desempenha os seguintes processos:

- Descriptografia dos dados com base em um código chave;
- Correção de erros e gerenciamento de arquivos recebidos.

O EUMETCast atual opera um servidor de TELLICAST, por isto o software cliente TELLICAST é obrigatório. É cobrada uma taxa de licença por computador com instalação do software. Uma única licença é incluída no preço do CDROM (atualmente 60 EUROS). O procedimento de instalação do software pode ser executado usando o nome de usuário e senha fornecidos pelo EUMETSAT.



**Figura 1.5** Janela do Software Cliente Tellicast

A Chave EKU é um dispositivo USB usado em conjunto com o Software Cliente EUMETCast para prover serviços de recepção que requerem registro independente, licenciamento e/ou tem acesso restrito. O custo atual de uma única EKU é de 40 EUR. EUMETSAT é o único provedor dos EKUs e o software de Ambiente de Execução da EKU, tanto para MS Windows quanto para Linux, vem incluído no pacote.



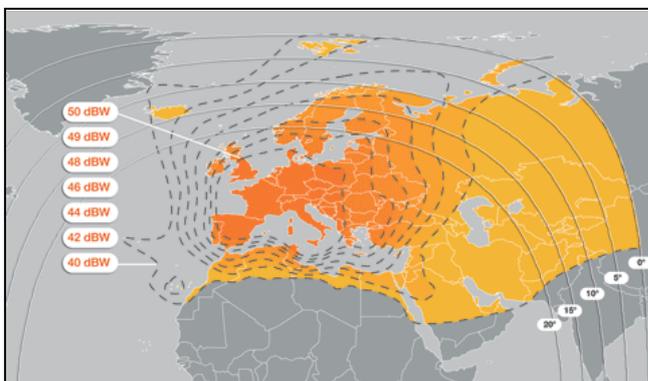
**Figura 1.6** A CHAVE EKU

### 1.3.3.3. Tamanho da antena, parâmetros de alinhamento e satélite

O tamanho da antena depende da localização da estação de recepção terrestre e da frequência da banda (Ku, C) utilizada. Outras informações estão disponíveis na tabela 1.2, seguidas pelas áreas de cobertura dos satélites e os parâmetros de recepção. Para o alinhamento da antena pode-se fazer uso do utilitário de alinhamento disponível em: <http://www.dishpointer.com/>. Websites como <http://www.satsig.net/africa/vsat-installers-africa.htm> e [EUMETSAT manufacturer list](#) podem ser de utilidade para a localização de instaladores.

Banda	Localizações	Tamanho das Antenas
Europe (Ku-band)	within the "core" geographical footprint of the spacecraft, the area bounded by the 50 dBW contour depicted in the EUROBIRD™ 9. Footprint, see figure 1.7	120cm ou menor (usuários não profissionais - 85 cm)
Europe (Ku-band)	within the "extended" geographical coverage (remote European islands, Turkey East of Ankara and Eastern European countries)	1.8m ou maior r
Africa (C-band)	within the "core" geographical footprint , the area bounded by the inner contour depicted in the Atlantic™ Bird 3 Footprint, see figure 1.8	2.4m ou maior
Africa (C-band)	within the "extended" geographical coverage (e.g. Madagascar, La Reunion, Mauritius and parts of North America)	3.7m ou maior
South America (C-band)	within the area bounded by the 39 dBW contour depicted in the NSS806 graphic Footprint, see figure 1.9	2.4m ou maior
South America (C-band)	smaller antennas may be sufficient, depending upon individual location, for details for your location, contact the EUMETSAT User Service ( <a href="mailto:ops@eumetsat.int">ops@eumetsat.int</a> )	1.8m ou maior

**Tabela 1.2 Dimensões das Antenas para várias Regiões**



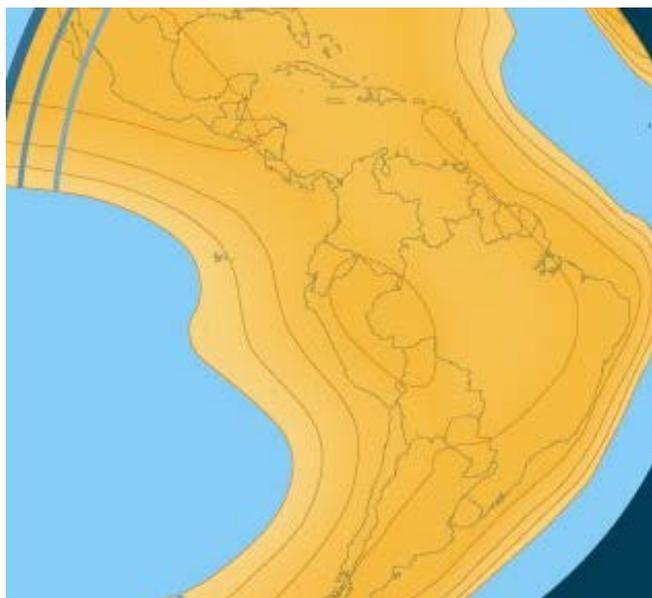
**Figura 1.7 Eurobird 9 Cobertura e Configurações do transponder do Satélite**

Ku-band Transponder EUROBIRD™ 9	
Parameter	Value
Name	EUROBIRD™ 9
Transponder	TP63
Down Link Frequency	11976.82 MHz
Symbol Rate	27500 kS/s
FEC	3/4
Polarization	Horizontal



**Figura 1.8 Atlantic Bird 3 Cobertura e Configurações do transponder do Satélite**

C-band Transponder Atlantic Bird™	
Parameter	Value
Name	Atlantic Bird™ 3
Transponder	C02
Down Link Frequency	3731.7570 MHz
Symbol Rate	11.963 MS/s
FEC	2/3
Polarization	Circular Left Hand



South America - C-band NSS806	
Parameter	Value
Name	NSS806
Transponder	22A
Down Link Frequency	3.803 GHz
Symbol Rate	27.500 MS/s
FEC	3/4
Polarization	Circular Left Hand

**Figura 1.9 NSS-806 América do Sul - Cobertura e Configurações do transponder do Satélite**

Os gráficos são feitos assumindo que as antenas estejam corretamente direcionadas, o equipamento de recepção e LNB são estado da arte e os cabos não são muito compridos, caso contrário utilizam-se modelos de baixa perda. Antenas menores (como as usadas para recepção de TV) têm bom desempenho em boas condições de tempo, mas o seu funcionamento piora progressivamente com chuva ou neve. Para as amplamente utilizadas antenas de 60 cm, subtraia 2.5dB da margem do link de conexão das antenas de 80cm e verifique se ainda prevê margens positivas.

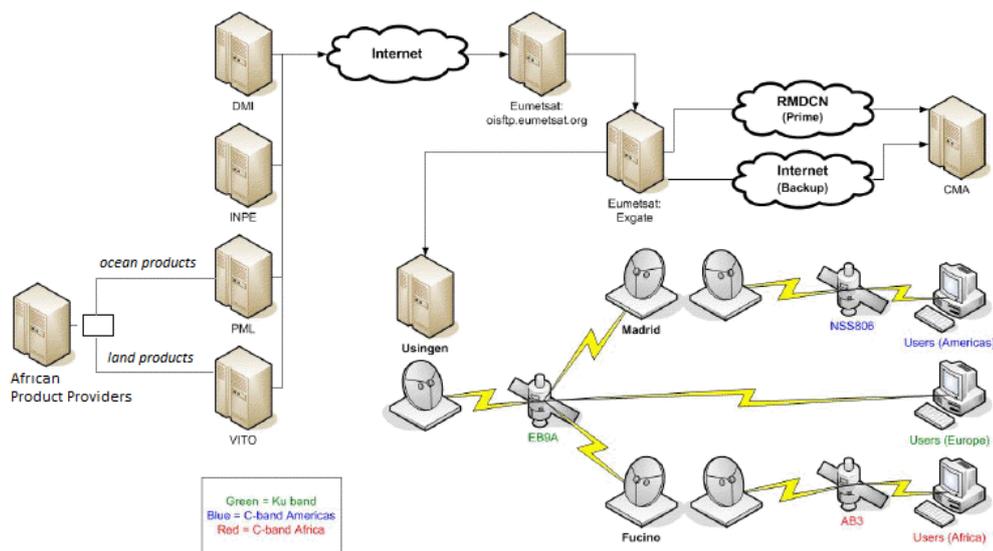
#### 1.3.4. Configuração de EUMETCast para fluxo de DevCoCast

Normalmente, os arquivos dos provedores de dados como os de DevCoCast são transferidos via FTP/INTERNET para o Servidor de Operações de Internet (Operations Internet Server, OIS) EUMETSAT, um servidor FTP localizado em EUMETSAT, em Darmstadt. EUMETSAT então prossegue com o processamento e/ou transfere os produtos dos quais foi feito o upload para o site de “uplink” em Usingen (Germany), onde são convertidos a DVB (Digital Video Broadcast), fluxo de dados Multicast, e transmitidos via EUMETCast, ou via RMDCN/redes de internet para intercâmbios de dados com outros componentes GEONETCast (por exemplo, para o CMA para difusão na China).

No contexto de DevCoCast, apenas os produtos de DMI (Dinamarca) são enviados a CMA na China para uma difusão piloto. Todos os outros produtos são adicionados ao EUMETCast, num canal que se encontra disponível em toda a área de cobertura EUMETCast (EUMETCast-Europa, EUMETCast-África and EUMETCast- Américas).

Os produtos do INPE (Brasil) são disseminados via EUMETCast, como parte do serviço DevCoCast. Em primeiro lugar são enviados via FTP a partir do INPE para EUMETSAT, que por sua vez os envia ao servidor de uplink DVB para difusão EUMETCast em banda-Ku, band-C Américas (principais usuários) e banda-C África.

Para os oito Provedores de Produtos restantes na África, América do Sul e Europa, os próprios VITO e PML inclusive, a interface de operações é entre EUMETSAT, de um lado, e um hub terrestre no Flemish Institute of Technological Research NV (VITO) e um marinho no Plymouth Marine Laboratory (PML) no outro. Estes hubs são explicados na próxima seção.



*Figura 1.10 Visão Global da provisão e disseminação de dados do DevCoCast*

#### 1.4. Ampliando a infra-estrutura de difusão: os hubs DevCoCast

Os sistemas de “hub” terrestres e marinhos são nós de coleta de dados intermediários, servidores executando softwares feitos sob medida para a disseminação controlada de imagens de satélite e informação derivada. Apesar de projetados e desenvolvidos no âmbito de DevCoCast, integram-se bem à infra-estrutura GEONETCast restante (em particular à EUMETCast), agindo com adições (opcionais) à EUMETSAT, que é a principal central de rede de GEONETCast. Assim, podem facilmente ser reutilizados e estendidos para comportar o fluxo de produtos adicionais.

O sistema de hubs DevCoCast ajuda a agregar o fluxo de diferentes produtos temáticos “terrestres” e “oceânicos” de diversos provedores, incluindo alguns com origem na África e na América do Sul. Eles podem passar estes produtos adiante à EUMETSAT para difusão via EUMETCast, numa ordem definida de acordo com prioridades e largura de banda disponível. Os principais objetivos dos hubs são portanto:

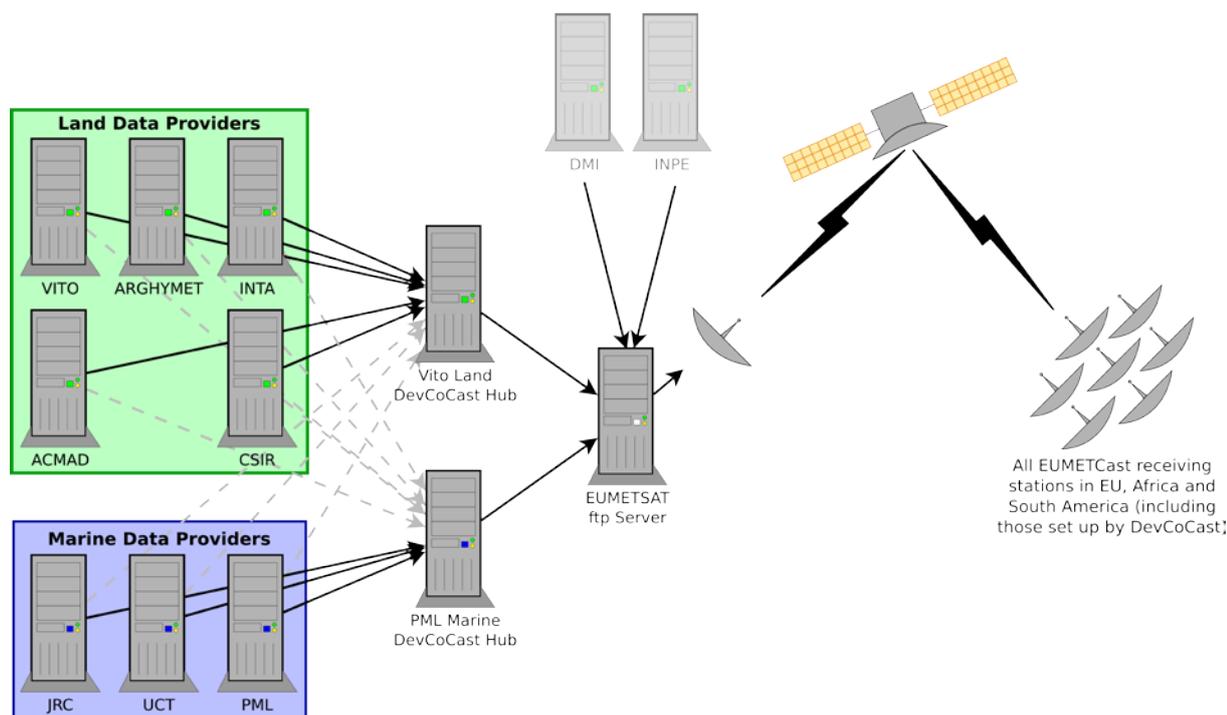
- Canalizar os produtos por meio dos hubs marinho e terrestre (localizados em VITO e PML respectivamente), simplificando os passos no transporte de produtos dos provedores para o sistema de difusão em EUMETSAT;
- Estender GEONETCast com provedores e produtos adicionais, cobrindo temas adicionais de aplicações (notadamente para além da meteorologia) e relevantes com respeito às áreas de benefícios sociais de GEO.

Do ponto de vista de um provedor de dados, eles têm um único ponto de contato com o hub relevante, aquele que tem conhecimento na área específica do produto, com extensa experiência na interação com as operações GNC de EUMETSAT e pode dar assistência com ajustes de formato do produto, monitoramento do fluxo do produto e consultas .

Da perspectiva do EUMETSAT, eles têm uma única interface "DevCoCast" com cada um dos hubs, que têm conhecimento específico dos produtos, sua frequência esperada, e dos procedimentos de EUMETSAT, ao invés de muitas interfaces com muitos provedores.

Do ponto de vista do próprio hub, eles podem assegurar um controle de fluxo apropriado DevCoCast por meio de um sistema simples mas robusto, com monitoramento de rotina, priorização, suavização/ordenamento de fluxo, e com redundância contra falhas. Os hubs são projetados para serem capazes de assumir o controle um do outro, em caso de queda do serviço, por exemplo. Apesar desta mudança no controle não ocorrer com frequência, os hubs compartilham da mesma configuração e do mesmo logging, e podem ser vistos (das perspectivas de EUMETSAT e

de provedores de produtos) como cópias espelhadas, com o hub VITO lidando nominalmente com a terra e raramente com o oceano e vice-versa com o hub PML.



*Figurae 1.11 Visão Global dos Provedores de dados do DevCoCast, hubs e transmissão da EUMETCAST*

#### 1.4.1. Características dos hubs

O propósito principal do hub DevCoCast é coletar dados de diversos provedores e enviá-los a EUMETSAT de uma forma controlada e efetiva. As principais características do hub são as seguintes:

- Controle da largura de banda: total, por provedor e por prioridade de produto
- Priorização
- Alta resiliência
  - Redundância (hubs dão cobertura um ao outro)
  - Prevenção de retransmissão
- Monitoramento extensivo
  - Relatório detalhado da transmissão
  - Integração com Nagios (uma solução de código aberto para monitoramento de computadores e redes)
  - Gráfico da transmissão por meio de scripts externos
- Systema flexível e ampliável
  - Por seleção de destino de produto, permitindo que produtos sejam despachados a sistemas alternativos durante fases de testes
  - A possibilidade de múltiplos hubs em um único servidor
  - Gatilho genérico de processamento, permitindo processamento customizado em produtos individuais (por exemplo, compressão adicional e padronização dos nomes de arquivos)

##### 1.4.1.1. Controle de Largura de Banda

Uma função fundametal do hub é limitar a quantidade de dados transmitidos em um momento específico. Isto é vital; o projeto DevCoCast dispõe de uma certa largura de banda via EUMETCast e não pode excedê-la. É também

importante garantir que os servidores EUMETSAT não sejam repentinamente inundados por grandes volumes de dados, uma outra função dos hubs, que devem distribuir no tempo a transmissão.

O primeiro objetivo é atingido por meio da definição, gerenciamento e manutenção de limites, (que podem ser por provedor, por tipo de produto e por nível de prioridade). O segundo objetivo, suavização, é atingido por meio da distribuição linear da largura de banda por períodos dados (tipicamente 3 horas ou 1 dia), e a sua acumulação em um depósito de forma que um produto só seja transmitido quando uma quantidade suficiente de largura de banda não utilizada tenha sido acumulada.

Os hubs também fazem alguns testes em nomes de arquivos e conteúdo dos dados (“checksum”) para garantir que os arquivos não sejam transmitidos múltiplas vezes devido a erros nos sistemas dos provedores de dados ou no hub.

#### 1.4.1.2. Priorização

Nem todos os dados que passam pelos hubs são igualmente urgentes. Produtos com prioridade alta (por exemplo, imagens voltadas a eventos, como imagens cobrindo um incêndio) precisam ser difundidas com maior urgência do que produtos de síntese semanal ou mensal. Outro papel do hub é garantir que os dados de maior prioridade sejam enviados primeiro.

Há 5 níveis diferentes de prioridade:

- Muito baixo (ex., dados com frequência inferior à mensal)
- Baixa (ex., sínteses mensais)
- Média (ex., produtos semanais)
- Alta (ex. produtos oceânicos quase de tempo real /produtos terrestres diários)
- Muito Alta (ex. produtos voltados a eventos, como produtos de incêndios quase em tempo real)

Estes níveis de prioridade são designados dependendo dos objetivos do projeto e das características dos dados.

#### 1.4.1.3. Integração sem Emendas

Como descrito acima, os hubs integram-se ao sistema principal de GEONETCast. Os operadores dos hubs (PML e VITO) garantem que os procedimentos relevantes de EUMETSAT sejam seguidos, dando suporte para que os provedores de produtos de Observação da Terra cumpram com os requisitos operacionais de difusão (metadados, testes e ensaios de difusões, anúncios aos usuários, etc) mais fácil e flexivelmente, e auxiliam EUMETSAT a lidar com um número crescente de provedores de serviços, particularmente em áreas temáticas com as quais têm menos familiaridade.

#### 1.4.1.4. Redundância

Em caso de problema (manutenções agendadas ou interrupções não programadas), cada hub pode operar como um backup para o outro. Assim, se o hub marinho PML for afetado por uma interrupção local, os provedores de dados oceânicos podem alternar (potencialmente de forma automática) para o hub terrestre de VITO. Como ambos os hubs têm a mesma configuração, a interrupção e a alternância podem ser transparentes para o provedor de dados, para EUMETSAT e para os usuários finais. Os hubs rotineiramente compartilham informação sobre produtos transmitidos a cada 15 minutos, de forma que retransmissões são improváveis e limitadas a uma pequena janela de tempo.

#### 1.4.1.5. Operação básica do hub (Basic hub operation)

Provedores fornecem dados de Observação da Terra e produtos de informação via FTP para o hub relevante, usando nome de arquivos que respeitam um formato pré-definido. Uma vez que um arquivo chega ao hub DevCoCast, é reconhecido pelo seu nome, priorizado, potencialmente reformatado (renomeado, comprimido, etc) e, quando há suficiente largura de banda disponível e todas as restrições liberadas, transmitido para EUMETSAT.

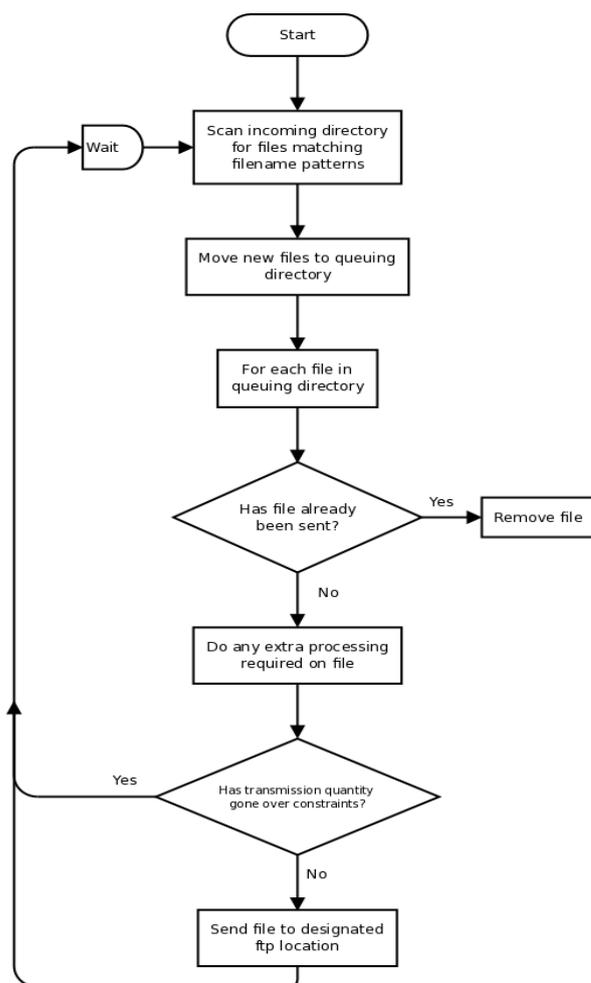
Os arquivos são priorizados em primeiro lugar de acordo com a sensibilidade ao tempo do arquivo. Em um intervalo determinado ( $\approx 5$  mins) o hub tenta enviar todos os arquivos em ordem de prioridade, começando com a prioridade alta. O hub também equilibra a reserva de largura de banda tendo em conta a expectativa de chegada de produtos de

alta prioridade e a necessidade de redistribuição gradual da largura de banda não utilizada para produtos de maior para menor prioridade ao longo do período de contabilização.

Diferentes quantidades de largura de banda podem ser reservadas para cada prioridade, permitindo um ajuste fino das quantidades de dados em cada nível de prioridade a serem enviados em um momento dado. Os hubs também podem diferenciar a quantidade de largura de banda de forma diferenciada por provedor, para garantir que não haja monopólio deste recurso no DevCoCast.

Alguns arquivos podem demandar processamento e padronização extra. Isto pode ser feito no hub, que é capaz de realizar processamento arbitrário em qualquer arquivo quando este é recebido. Tudo o que é necessário no hub é uma cópia do script compatível com Linux/arquivo executável.

A operação do hub é simples, mas robusta; uma descrição de alto nível das rotinas implementadas pode ser vista no fluxograma da figura 1.12.



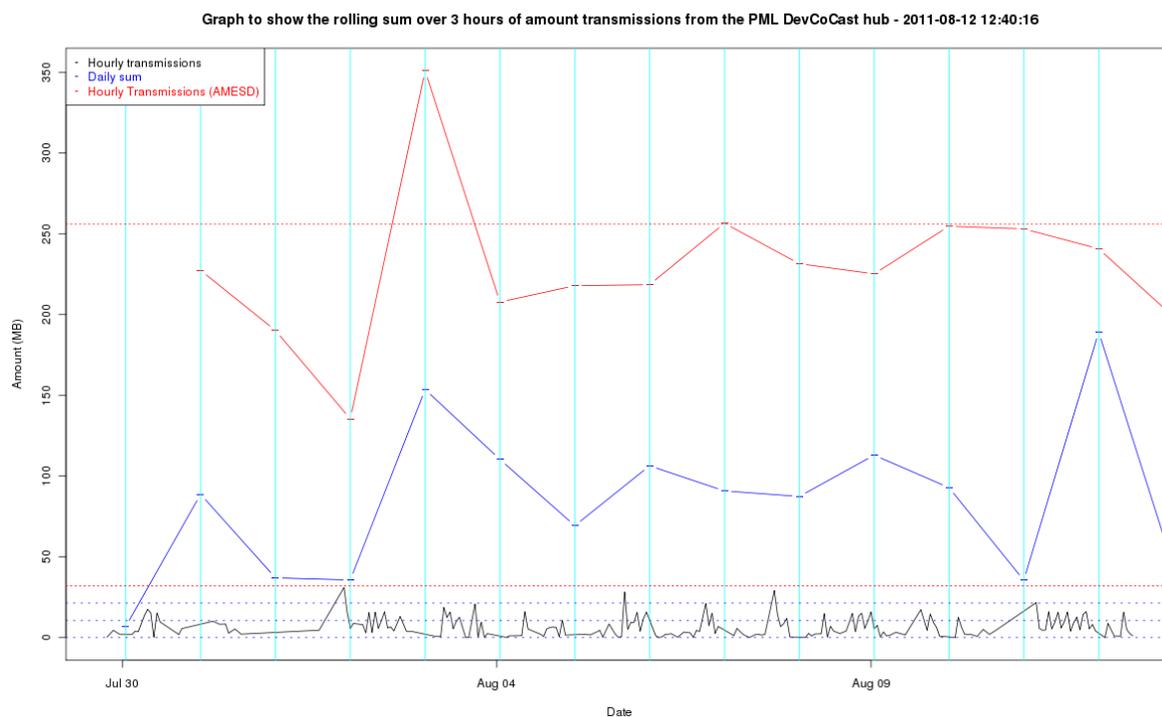
**Figura 1.12** Descrição de Alto-Nível da operação do hub

Uma vez determinado que um arquivo caberá na largura de banda alocada, ele é transmitido via FTP para EUMETSAT. EUMETSAT tem múltiplos diretórios de serviço, cada um com uma utilização específica. Isto não é aparente para o usuário final, já que EUMETSAT agrupa os dados em canais para difundi-los adiante.

### 1.4.1.6. Monitoramento dos hubs

Os hubs fornecem relatórios (“logging”) detalhados de produtos transmitidos e ações tomadas. Isto permite uma depuração (debugging) detalhada ou o acompanhamento do percurso de um produto através do sistema. Estas informações (“logs”) são também resumidas em gráficos mostrando as taxas totais de fluxo para monitoramento do sistema DevCoCast (veja também um exemplo na Figure 1.13).

Finalmente, existem scripts para integrar os hubs com Nagios, uma solução de monitoramento de código aberto, de tal forma que alertas possam ser enviados a operadores, quando ocorrerem problemas (como a perda de conexão a rede pelo hub) ou problemas potenciais (como números inesperadamente baixos de produtos de um provedor em particular).



**Figura 1.14** Gráfico das Transmissões do Hub Marinho do DevCoCast sobre vários dias

## 1.5. Software gratuito e de código aberto

Para minimizar as barreiras ao uso do GEONETCast e dos dados compartilhados, a equipe DevCoCast trabalha no desenvolvimento e promove (ex. por meio de demonstrações em fóruns e conferências) o uso de softwares gratuitos e de código aberto para o processamento e visualização dos dados fornecidos. Isto inclui softwares específicos para provedores individuais, como o “VGTEExtract” de VITO (disponível em: <http://www.devcocast.eu>) para a integração de dados de SPOT-VEGETATION aos softwares de SIG ou Sensoriamento Remoto (SR) comumente utilizados pelos usuários. Além disso, um conjunto bastante completo de ferramentas – a caixa de ferramentas GEONETCast – foi desenvolvido com uma extensão da versão aberta do “ILWIS” (disponível em: <http://www.52north.org/communities/earth-observation>). Este software pode importar e gerenciar uma ampla variedade de dados GEONETCast ao mesmo tempo em se conecta a um pacote de SIG e SR genérico e gratuito (ILWIS, disponível em: <http://www.52north.org/communities/ilwis>). Por este motivo, foi também extensivamente usado (e melhorado) para atividades de treinamento do próprio DevCoCast e outras relacionadas a ele (workshops, desenvolvimento de material de treinamento).

É claro que a equipe DevCoCast permanece aberta e também dá suporte a usuários que prefiram o software ao qual estão acostumados, contanto que satisfaça as suas necessidades. Porém, evidências recentes têm mostrado a crescente adoção de softwares livres por usuários de grande importância, como os Serviços Meteorológicos Nacionais Africanos (UFA9 Report, 2010).

### 1.5.1. Software de gerenciamento de dados

Uma vez que uma estação de recepção de superfície foi instalada e configurada, os dados ambientais e de satélite (re-) difundidos via satélites de comunicação podem ser recebidos e armazenados em um dispositivo de armazenamento. Como os dados são continuamente recebidos através do GEONETCast (24h por dia, 7 dias por semana), o sistema de gerenciamento de dados "Gerenciador de Dados GEONETCast " foi desenvolvido para gerenciar os fluxos de dados de forma mais automática. Este utilitário pode ser facilmente configurado usando um simples arquivo de texto ascii. Não é necessária nenhuma experiência com programação para atualizar o arquivo de configuração de forma a dar conta do fluxo variável de dados. O Software de Gerenciamento de Dados pode ser usado de forma independente (as a standalone) e pode ser baixado em: <http://52north.org/communities/earth-observation/data-manager-software>.

### 1.5.2. ILWIS Open

ILWIS OPEN 3.7 (ou uma versão mais recente) integra dados de imagem, vetoriais e temáticos em um único e poderoso pacote para desktop. Ele provê uma larga gama de serviços, incluindo importação/exportação, digitalização, edição, análise e exibição de dados, assim como a produção de mapas de qualidade. Os fatores importantes são:

- Design integrado raster vetorial
- Importação e exportação de formatos de dados largamente utilizados
- Digitalização em tela e tablete
- Conjunto bastante completo de ferramentas de processamento de imagens
- Ortofoto, georeferenciamento de imagem, transformação e mosaicagem
- Análise espacial de dados e modelagem avançada
- Visualização 3D com edição interativa para otimização da apresentação
- Rica biblioteca de projeção e sistema de coordenadas
- Análises geo-estatística, com Kriging para uma interpolação melhorada
- Produção e visualização de pares de imagens estéreo
- Avaliação Espacial de Múltiplos Critérios
- Serviços de Mapeamento Web
- Balanços de Energia de Superfície

ILWIS pode ser usado como um pacote autônomo e pode ser baixado de: <http://52north.org/communities/ilwis/download>, onde estão disponíveis também diversos outros materiais de treinamento. Usuários Latino Americanos podem também consultar <http://www.ilwis.org/> para obter informações adicionais.

### 1.5.3. Software de Caixa Ferramentas (Toolbox) GEONETCast

A Caixa de Ferramentas GEONETCast é um plug-in ILWIS 3.7 Open (ou versão mais recente). Ela possibilita acesso facilitado ao gerenciamento de dados GEONETCast (vários dados de satélite e ambientais e/ou produtos resultantes) e suporta o seu eficiente processamento geo-espacial subsequente com ILWIS 3.7 Open ou outro Sistema de Informação Geográfica. A Caixa de Ferramentas GEONETCast ZIP pode ser usada com um plug-in ILWIS e baixada de: <http://52north.org/downloads/earth-observation/GEONETCast/toolbox>. Um guia de instalação, configuração e do usuário está também disponível, incluindo exercícios baseados em uma variedade de amostras de dados disseminados via GEONETCast. Mais informações são disponibilizadas nas páginas ITC-GEONETCast (<http://www.itc.nl/Pub/WRS/WRS-GEONETCast>).

## 1.6. Abrangência deste manual

Com o compartilhamento regular de produtos de Observação da Terra estabelecido, o foco do projeto passou ao uso e à agregação de valor dos produtos compartilhados. Neste capítulo do manual, a difusão EUMETCast, o hub DevCoCast hub e a infra-estrutura de recepção de satélite, assim como os softwares gratuitos e de código aberto utilizados são brevemente introduzidos. Mais informações a esse respeito podem ser encontradas em documentos separados, disponibilizados em vários websites; os links para estes sites são fornecidos na seção de Referências.

Os próximos capítulos deste manual descrevem várias aplicações utilizando dados do fluxo GEONETCast, em conjunto com informações locais coletadas na África e na América Latina. Os exemplos de aplicações apresentados foram desenvolvidos em colaboração com especialistas locais de área durante um (dentre outros) workshop de treinamento avançado em DevCoCast com duração de duas semanas e demonstra o potencial de utilização da informação fornecida para a avaliação ambiental.

As aplicações descritas são baseadas em exemplos do mundo real e podem ser usadas como estudos independentes e casos de exercício que demonstram o valor do GEONETCast para a avaliação ambiental. Todos os exercícios são baseados no ILWIS Open, versão 3.7.2, que está gratuitamente disponível. Amostras de dados para os exercícios podem ser obtidos em DVD e baixadas em (<http://www.itc.nl/Pub/WRS/WRS-GEONETCast/Application-manual.html> e <http://www.devcoCast.eu/>). Estimula-se que os usuários submetam os seus comentários suas respostas aos exercícios, assim como exercícios adicionais ao ITC via a comunidade de Observação da Terra (Earth Observation Community) em 52North.org (<http://52north.org/communities/earth-observation/community-contact>).

## REFERÊNCIAS

---

EUM TD 15 (2004): EUMETCast, EUMETSAT's Broadcast System for Environmental Data. Technical description, Issue 3.2, 5 September, 2004. EUMETSAT, Darmstadt, Germany.

EUM TD 15 (2010): TD15 - EUMETCast, EUMETSAT's Broadcast System for Environmental Data. Technical description, Issue 5b, 8 February, 2010. EUMETSAT, Darmstadt, Germany.  
<http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataAccess/Resources/index.htm?l=en>

VGT4Africa Final report (2008): Final Publishable Activity Report of VGT4Africa project, revision 1, 10 February 2008, [http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA\\_Final\\_Activity\\_Report\\_v4.pdf](http://www.vgt4africa.org/PublicDocuments/VGT4AFRICA_Final_Activity_Report_v4.pdf), VITO, Mol, Belgium

UFA9 Report (2010): Report from the 9<sup>th</sup> EUMETSAT User Forum in Africa, EUMETSAT, Darmstadt, Germany, [http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/SP\\_1226315310036?l=en](http://www.eumetsat.int/Home/Main/AboutEUMETSAT/InternationalRelations/Africa/SP_1226315310036?l=en)

<http://www.earthobservations.org/geonetcast.shtml>

<http://www.devcoCast.eu/ViewContent.do?pageId=125>

<http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataAccess/EUMETCast/index.htm?l=en>

<http://www.itc.nl/Pub/WRS/WRS-GEONETCast>

<http://52north.org/communities/earth-observation/getting-started-with-geonetcast-toolbox>

<http://www.vito.be/VITO/EN/HomepageAdmin/Home/WetenschappelijkOnderzoek/Aardobservatie/DevCoCast.htm>

<http://www.eumetsat.int/Home/Main/DataProducts/ProductNavigator/index.htm>

## Appendix 1 Lista de Produtos da VITO Land e do Hub Marinho da PML

## Produtos do Hub - Land para Disseminação através do Sistema EUMETCast.

Product acronym	Full product name	Filename OIS In	Filename EXGate Out	Format Out	Compressed Size and type	Products Frequency	Generation Time (UTC)
VITO							
NDVI	Normalised Difference Vegetation Index - South America	V2KRNS10_YYYYMMDD_NDVI_S-America.ZIP	V2KRNS10_YYYYMMDD_NDVI_S-America.ZIP	Zip archive	~25Mb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
NDWI	Normalised Difference Water Index - South America	g2_BIOPAR_NDWI_YYYYMMDD000_S-America_VGT_V0.2.zip	g2_BIOPAR_NDWI_YYYYMMDD000_S-America_VGT_V0.2.zip	Zip archive	~20 Mb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
DMP	Dry Matter Productivity - South America	g2_BIOPAR_DMP_YYYYMMDD0000_S-America_VGT_V0.1.zip	g2_BIOPAR_DMP_YYYYMMDD0000_S-America_VGT_V0.1.zip	Zip archive	~35 Mb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
LOC	Desert Locust Products	MCD_GreenArea_YYYYMMDD_[Eritrea Mali N-Sudan].zip	MCD_GreenArea_YYYYMMDD_[Eritrea Mali N-Sudan].zip	Zip archive	~1-4Mb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
CSIR							
FFDI	McArthur Forest Fire Danger Index	CSIR_FFDI_YYYYMMDD1200.txt	CSIR_FFDI_YYYYMMDD1200.txt	ASCII	242Kb	Daily	12:00
LFDI	Lowveld Fire Danger Index	CSIR_LFDI_YYYYMMDD1200.txt	CSIR_FFDI_YYYYMMDD1200.txt	ASCII	242Kb	Daily	12:00
INTA							
ANOMNDVI	Anomaly of Normalised Difference Vegetation Index Map - South America	INTA_HRPT_Vegetation_Index_Anomaly_YYYYMM-K.gif [K = Dekad = 1,2,3]	INTA_HRPT_Vegetation_Index_Anomaly_YYYYMM-K.gif [K = Dekad = 1,2,3]	Gif	~240 Kb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
FDI	Fire Danger Index - South America	INTA_NOAA_AVHRR_18_19_Fire_Risk_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	INTA_NOAA_AVHRR_18_19_Fire_Risk_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	Gif	~ 300 Kb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later

NDVIM	Normalised Difference Vegetation Index Map - South America	INTA_HRPT_Vegetation_Index_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	INTA_HRPT_Vegetation_Index_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	Gif	~260 Kb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later
ETR	Real Evapotranspiration - South America	INTA_NOAA_AVHRR_Evapotranspiration_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	INTA_NOAA_AVHRR_Evapotranspiration_YYYYMM-K.gif K = Dekad = 1,2,3]	Gif	~500 Kb	1st, 11th and 21st of each month	~1-5 days later

### Produtos Marinhos Para Disseminação através do Sistema EUMETCast.

Product acronym	Full product name	Filename OIS In	Filename EXGate Out	Format Out	Compressed Size and type	Products Frequency	Generation Time (UTC)
PML							
PMLAFR	Near real time ocean product – Africa	PML_<pml_area>_MODIS_sst_nrt_YY YMMDDHHMMSS.nc.bz2 PML_<pml_area>_MERIS_oc_nrt_YY YMMDDHHMMSS.nc.bz2 (see)	PML_<pml_area>_MODIS_sst_nrt_YY YMMDDHHMMSS.nc.bz2 PML_<pml_area>_MERIS_oc_nrt_YY YMMDDHHMMSS.nc.bz2	NetC DFv3	Bzip2	24 per day	Various
PMLBRA	Near real time ocean product – Brazil	PML_Brazil_MERIS_oc_nrt_<passtime>.nc.bz2	PML_Brazil_MERIS_oc_nrt_<passtime>.nc.bz2	NetC DFv3	Bzip2	1 per day	Various
TBC	Refined ocean Products	PML_<pml_area>_MODIS_sst_refined_<passtime>.nc.bz2 PML_<pml_area>_MERIS_oc_refined_<passtime>.nc.bz2	PML_<pml_area>_MODIS_sst_refined_<passtime>.nc.bz2 PML_<pml_area>_MERIS_oc_refined_<passtime>.nc.bz2	NetC DFv3	Bzip2	1 per day	TBC
UCT							
AQUA:O CPUCT	Level 3 Ocean Product	UCT_<uct_area>_MODIS_chlora_YYY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_Kd490_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_nflh_YYYY MMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_sst_YYYY MMDD.nc.bz2	UCT_<uct_area>_MODIS_chlora_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_Kd490_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_nflh_YYY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MODIS_sst_YYYY MMDD.nc.bz2	NetC DFv3	40-2000K b bzip2	1 per day per area	Various
ENVISA T:OCPU CT	Level 3 Ocean Product	UCT_<uct_area>_MERIS_algal1_YYY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_algal2_YYY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_totalsusp_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_yellowsubs_YYYYMMDD.nc.bz2	UCT_<uct_area>_MERIS_algal1_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_algal2_YY YMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_totalsusp_YYYYMMDD.nc.bz2 UCT_<uct_area>_MERIS_yellowsubs_YYYYMMDD.nc.bz2	NetC DFv3	40-2000K b bzip2	1 per day per area	Various
JRC							
JRC	Level 4 Ocean Product	TBD, but currently AYYYYJJJJYYYYJJJ_<product>_A MIS.nc.bz2	TBD	Ascii	5-7MB bzip2	Monthly	after end of month

<PML\_area>=Algeria, Egypt, EMadagascar, Ghana, Libya, Mozambique, NEMadagascar, NMorocco, RedSea, SierraLeone, or SMorocco

<UCT\_area>= Angola, CotedIvoire, ESAfrica, Guinea, Mauritania, MChannel, Namibia, Nigeria, NSomalia, Senegal, SSAfrica, SSomalia, Tanzania, or WSAfrica

## 2. QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA ACIMA DO SOLO PARA PRADARIAS NATURAIS NO BIOMA DOS PAMPAS

Por: **Eliana Lima da Fonseca<sup>1</sup>; Charles Tebaldi<sup>2</sup>; Adriana Ferreira da Costa Vargas<sup>3</sup> and Vicente Celestino Pires Silveira<sup>4</sup>**

### 2.1. Introdução e relevância da aplicação

O bioma dos pampas conta com uma vegetação única, caracterizada por plantas C3 e C4, adaptadas à transição do clima subtropical para o temperado. O bioma dos Pampas está situado no Brasil, Uruguai e Argentina e pode ser classificado de forma generalista como “pradarias do Rio da Prata”. O bioma cobre uma área de aproximadamente 700,000 km<sup>2</sup>. Esta região é importante para pássaros migratórios no continente Americano, e há um número expressivo de espécies vegetais em risco de extinção.

A principal atividade econômica da região é a pecuária (bovinos e caprinos), estabelecida nas pastagens naturais desde o século 18. Este sistema (“free range” grazing system) de pecuária extensiva em pastagens naturais é compatível com a conservação do ambiente dos Pampas. No estado do Rio Grande do Sul (estado mais ao sul do Brasil) este uso contínuo da vegetação como pastagem tem ocorrido por mais de duzentos anos, como uma forma de uso econômico das pradarias naturais, com pouco prejuízo para o bioma dos Pampas (Overbeck et al, 2007). Dados do Ministério brasileiro do Meio Ambiente mostram que o bioma dos Pampas no Brasil foi reduzido em 54% da sua área de cobertura original devido a atividades agrícolas e florestais (indústria de celulose) durante os últimos 30 anos. Estas atividades são o principal motivo para a perda da biodiversidade, devido à substituição das pradarias naturais por outros sistemas de produção.

O monitoramento da produção de biomassa acima do solo pela vegetação, nesta região, permitirá o dimensionamento da atividade pecuária, permitindo o ajuste do número de cabeças por área, de forma a permitir a exploração econômica destas áreas concomitante com a conservação da vegetação natural e do ambiente. A metodologia aqui adotada pode ser aplicada em áreas naturais e cultivadas. A limitação para a replicação dessa metodologia é uma boa base de dados com medições in situ e conhecimento sobre a fenologia, assim como as espécies vegetais que crescem na área de estudo.

### 2.2. Objetivo

O principal objetivo deste estudo é a quantificação da produção de biomassa acima do solo pelas pastagens naturais do bioma dos Pampas usando dados de NDVI calculados a partir de imagens adquiridas pelo instrumento SPOT-Vegetation.

---

<sup>1</sup> Professor at Department of Geography - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Brazil [eliana.fonseca@ufrgs.br](mailto:eliana.fonseca@ufrgs.br)  
(Corresponding Author)

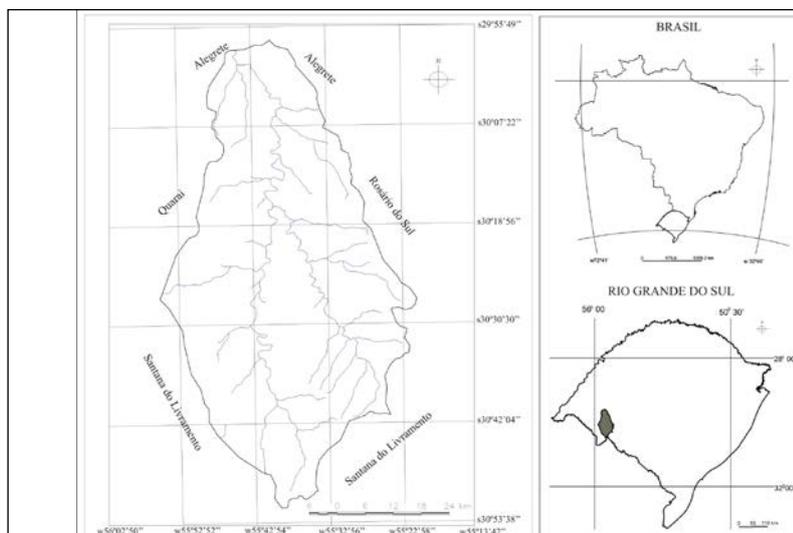
<sup>2</sup> Bachelor Student at Department of Geography - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – Brazil

<sup>3</sup> Agronomist at Fundacao Maronna - Brazil

<sup>4</sup> Professor at Centre of Rural Science - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Brazil

### 2.3. Área de Estudo

A área de estudo está localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) do Ibirapuitã (veja também a figura 2.1), que é uma região de 320,000 hectares. O objetivo da APA é garantir a conservação de parcela significativa da biodiversidade do bioma dos Pampas, juntamente com as atividades econômicas.



**Figura 2.1** Localização da Área de Estudo.

### 2.4. Conjuntos de dados usados no estudo

Para este estudo são necessários dois conjuntos de dados: medidas “*in situ*” measurements of the amount of aboveground biomass ( $\text{kg}/\text{ha}^{-1}$ ) and satellite data recorded by the Vegetation Instrument onboard of SPOT 4-5.

#### 2.4.1. Dados de Biomassa acima do solo

Estes dados foram coletados em campo durante um período de 12 meses (janeiro a dezembro de 2002). A coleta foi mensal e sempre numa mesma área segundo a metodologia descrita por Fonseca et. al. (2007). Os valores coletados *in situ* são fornecidos para utilização no exercício. A área de coleta está localizada em:  $30^{\circ}06'S$  and  $55^{\circ}41'W$ .

#### 2.4.2. Dados de satélite

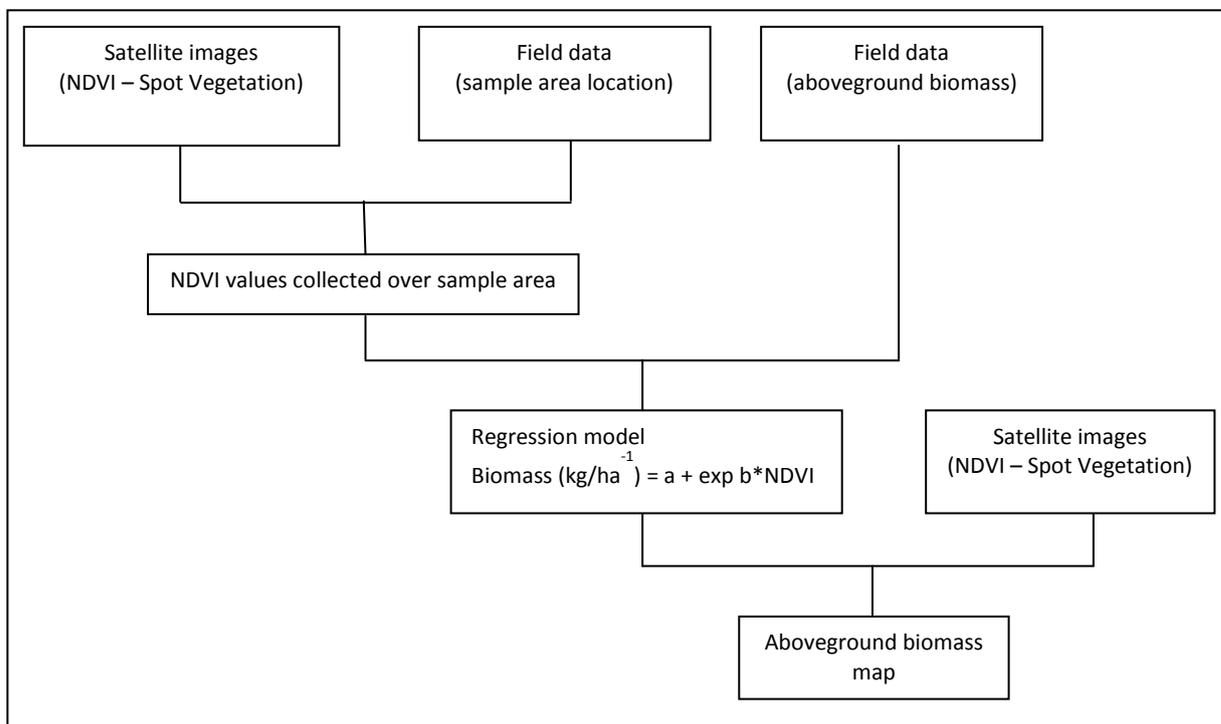
Os dados de NDVI para o instrumento de vegetação serão analisados para os mesmos meses que os dados coletados “*in situ*” sobre a biomassa acima do solo. Aqui, imagens NDVI são utilizadas, os chamados produtos VGT-S10, que são sínteses para 10 dias, por Compostos de Valor Máximo (CMV) para cada pixel. Os dados podem também ser baixados website (<http://free.vgt.vito.be>). Aqui as imagens estão disponíveis em 10 regiões de interesse pré-definidas. Para este exercício é necessário selecionar imagens da região de interesse sul americana. Para garantir a correspondência entre os dados de campo e de satélite, é necessário escolher a mesma síntese MVC dos 10 dias de cada mês que os dados de campo foram coletados. Por exemplo, se a coleta em campo foi em 3 de abril de 2002, deve-se escolher a imagem NDVI para a síntese dos primeiros dez dias daquele mês. A tabela 2.1 apresenta o período selecionado para cada dezena-mês usada neste estudo.

Month	MVC decade selected	Month	MVC decade selected
Jan/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days	Jul/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days
Feb/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days	Aug/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days
Mar/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days	Sep/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days
Apr/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days	Oct/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days
May/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days	Nov/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days
Jun/2002	11 <sup>th</sup> to the 20 <sup>th</sup> days	Dec/2002	1 <sup>st</sup> to the 10 <sup>th</sup> days

**Tabela 2.1** *Datas selecionadas para os arquivos NDVI usados neste estudo*

## 2.5. Metodologia

O fluxograma (figura 2.2) mostra todos os passos necessários para converter valores de NDVI a valores de biomassa e para obter um mapa da biomassa acima do solo. Em primeiro lugar é necessário estabelecer a relação entre o NDVI e os dados de biomassa acima do solo coletados no campo. Esta relação pode ser expressa como uma equação exponencial usando os valores de NDVI como a variável independente. O passo seguinte é calcular para cada pixel de NDVI o valor da biomassa acima do solo, usando a equação estabelecida no passo anterior.



*Figura 2.2 Fluxograma da metodologia adotada*

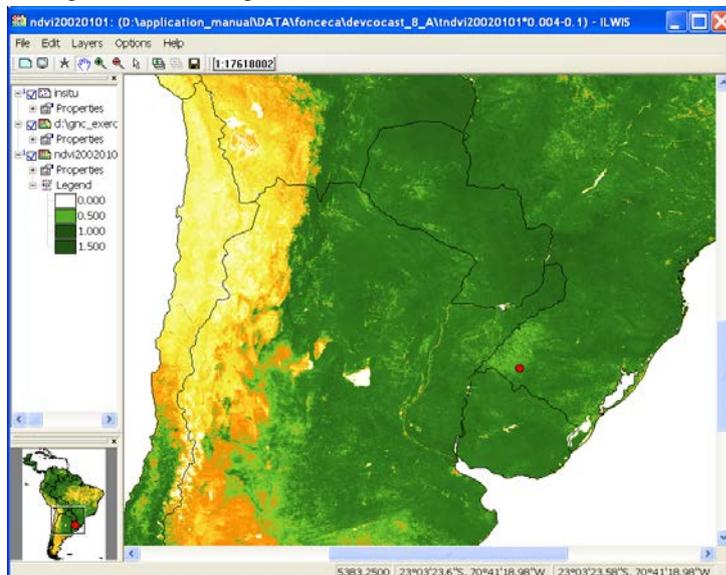
## 2.6. Processamento de Imagens de Satélite

### 2.6.1. Criando a série temporal de NDVI

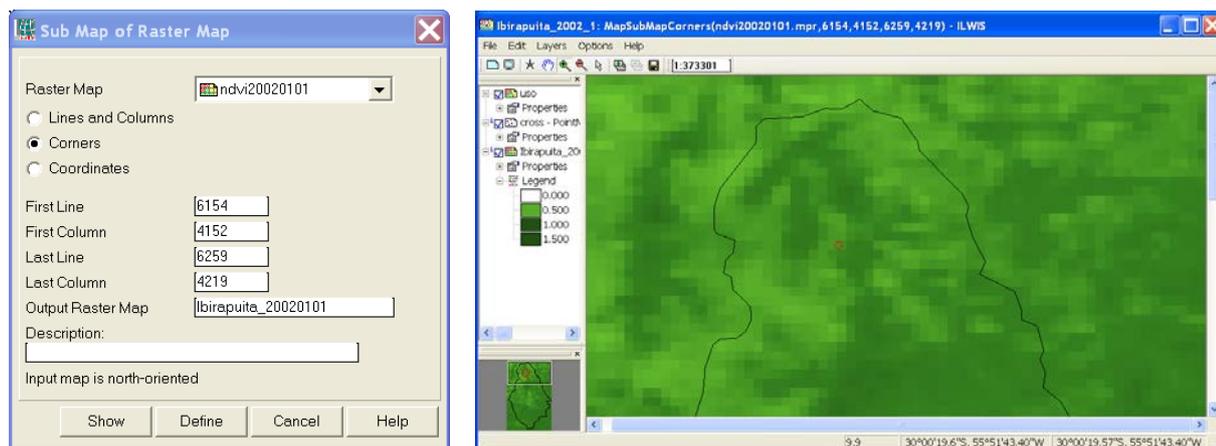
Esta série pode ser processada usando a Caixa de Ferramentas GEONETCast (GNC), disponível como um plug-in para o ILWIS. Com ela podem-se extrair os arquivos que contêm os mapas NDVI de Vegetação SPOT para a América Latina. O primeiro passo é escolher uma data, de acordo com o formato exigido pela caixa de ferramentas. Este passo é repetido várias vezes, uma para cada um dos arquivos necessários à construção da série temporal de NDVI. Neste estudo, são utilizadas 12 imagens NDVI coletadas no ano de 2002 (veja tabela 2.1). Após a extração dos arquivos são obtidos 12 mapas de NDVI e de estado. Como exemplo, extraia o NDVI de SPOT Vegetation da América Latina para a primeira dezena de 2002 (note o formato da data: “20020101”), usando a Caixa de Ferramentas GNC-toolbox. Selecione do ILWIS Operation Tree, “Geonetcast”, “Toolbox”, “SPOT VGT Products”, “SPOT VGT Latin America”, “NDVI”. Especifique também a data apropriada, aqui 20020101. Selecione também os diretórios apropriados de entrada e saída! O último deve ser o seu diretório ativo de trabalho!. Depois que a extração é completada, exiba o mapa “ndvi20020101”, usando a representação “NDVI1”. Adicione também o mapa de pontos, chamado “ndvi20020101”, usando a representação “NDVI1”. Adicione também o mapa de pontos, chamado “insitu” para ter uma idéia de onde os dados de campo foram coletados. Os resultados devem assemelhar-se a aqueles da figure 2.3.

## 2.6.2. Criando o “Sub mapa”

Para calcular as operações apenas para a área de estudo é necessário criar o “Sub mapa”. Para isto é necessário clicar com o botão direito sobre o mapa “ndvi20020101” e escolher do menu sensível a contexto o “Spatial Reference Operations => Sub Map”. Os detalhes para a seleção apenas da APA Ibirapuitã estão na Figura 2.4 (parte esquerda da figura). Pressione “Show” para executar a operação.



*Figura 2.3 SPOT Vegetation NDVI, América Latina, de 2002-01-01*



*Figura 2.4 Opções para criar o Sub Map da área de estudo e mapa resultante obtido*

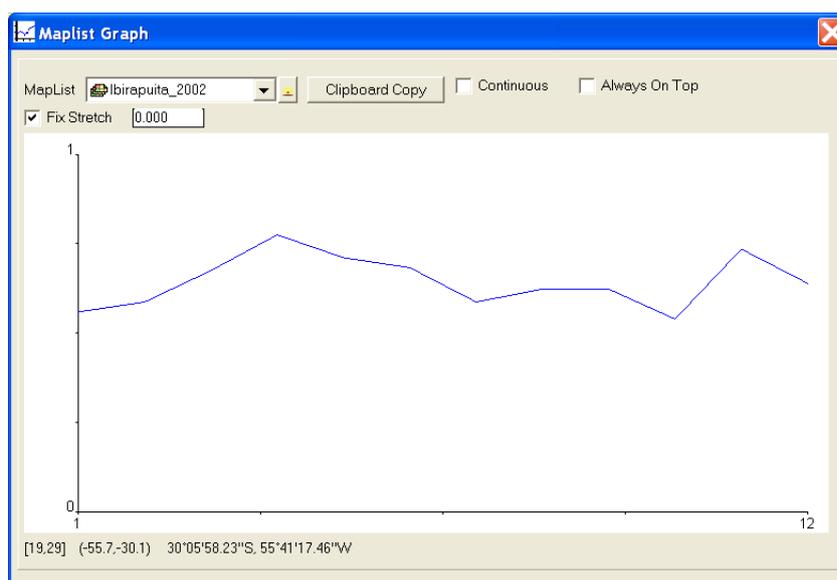
Para preparar os dados para este exercício, as rotinas descritas acima de importação e subconjunto foram usadas diversas vezes. Para conduzir operações e cálculos usando todos os 12 arquivos ao mesmo tempo é necessário criar uma “Map list”. Usando o comando “Create => Map list” disponível em “File menu”. Todas as 12 imagens NDVI usadas para este estudo foram selecionadas para criar esta lista de mapas, e os sub mapas foram criados subsequentemente. No nosso diretório de trabalho ativo você encontrará uma lista de mapas chamada “Ibirapuita\_2002” com mapas NDVI para a área de estudo apenas. Note que o número seqüencial no fim do nome do arquivo indica o mês, por exemplo: Ibirapuita\_2002\_3 é o sub mapa NDVI correspondente à imagem NDVI de Março de 2002. Todos os mapas das series temporais de NDVI sobre a APA Ibirapuitã para o ano 2002 estão incluídos no Apêndice 1.

## 2.7. Visualizando a Área de Estudo Sobre uma Imagem de Satélite

Abra a lista de mapa “Ibirapuita\_2002”, clique duas vezes sobre a camada “Ibirapuita\_2002\_1” e exiba esta mapa usando a representação chamada “NDVI1”. Para visualizar a área de estudo, um campo de vetores chamado “uso” pode ser desenhado sobre “Ibirapuita\_2002\_1”. Esta operação pode ser desempenhada arrastando este arquivo até a janela onde a imagem “Ibirapuita\_2002\_1” é exibida. Deselecione a opção “Polygon Map Display Options” “Info” e selecione a opção “Bordas Apenas” e pressione “OK”. O resultado desta operação deverá ser idêntico à porção direita da figura 2.4. Note que o campo vetorial chamado “uso” contém todas as áreas nacionais protegidas do Brasil (MMA, 2011). Depois da criação do sub mapa apenas a APA Ibirapuitã é visualizada. Você pode exibi-la sobre o mapa de NDVI da América Latina.

## 2.8. Extraindo Valores de NDVI sobre a Área amostrada

Para extrair os valores NDVI da área amostrada, é necessário conhecer as coordenadas geográficas que permitem a localização desta área no mapa de NDVI. Para este estudo a área amostrada, onde foram coletados os dados de campo, fica em: **30°06'S** e **55°41'W**. Se já não estiver sendo exibida, abra a camada “Ibirapuita\_2002\_1” da lista de mapas “Ibirapuita\_2002”. Adicione o arquivo de pontos “insitu”, mostrando a localização das medições de campo. Criando um gráfico sobre a lista de mapas “Ibirapuita\_2002”, é possível coletar os valores de NDVI sobre a área de amostra simultaneamente. O comando para esta operação está localizado no menu “Lista de Operações” da janela principal de ILWIS (“Operations menu => Statistics => MapList => MapList Graph”). Deve-se clicar sobre a área amostra (localizada na linha 19 e coluna 29). O resultado desta operação pode ser visto na Figura 2.5. Para exportar os valores de NDVI para uma planilha, de forma a estabelecer a relação entre NDVI e as medidas de biomassa acima do solo, é necessário clicar no botão “Clipboard Copy”, e então colar estes valores na planilha do programa ou na tabela ILWIS.



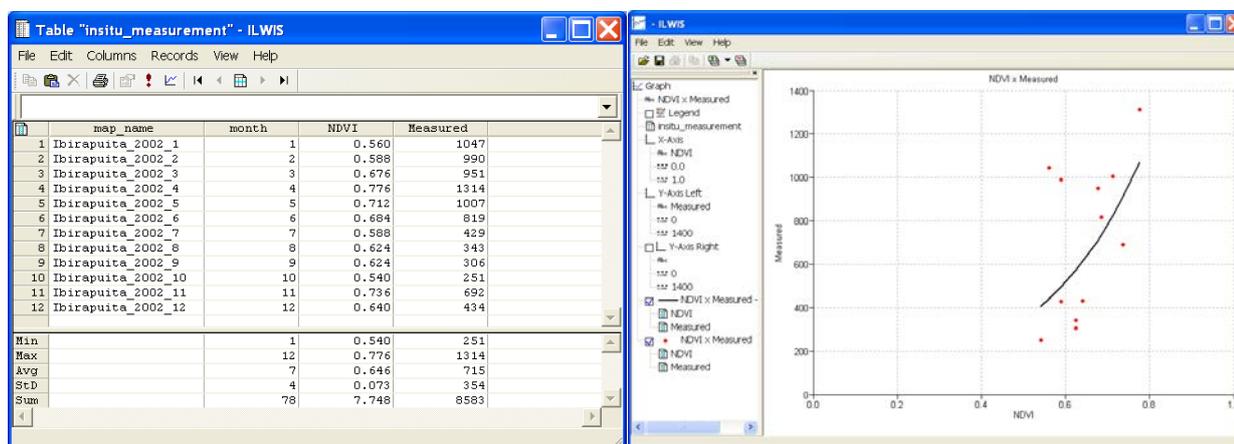
*Figura 2.5 Gráfico dos valores de NDVI s colectados sobre a amostra de área usando usando a lista “Ibirapuita\_2002”*

## 2.9. Estabelecendo a relação entre NDVI e os valores de Biomassa acima do solo

Para estabelecer a relação entre NDVI e os valores de Biomassa acima do solo, preparou-se uma tabela, com o nome de “insitu\_measurement”, contendo 4 colunas, nome\_mapa, mês, NDV e Medido respectivamente (veja também a figura 2.6). Clique duas vezes sobre a tabela para abri-la. Para verificar se há relação entre a biomassa medida e o NDVI obtido, selecione dos menus “Columns”, “Statistics” e como Função selecione “Correlation” (veja também Figura 2.6). As duas colunas a serem selecionadas são “Measured” e “NDVI”. É importante notar que um baixo

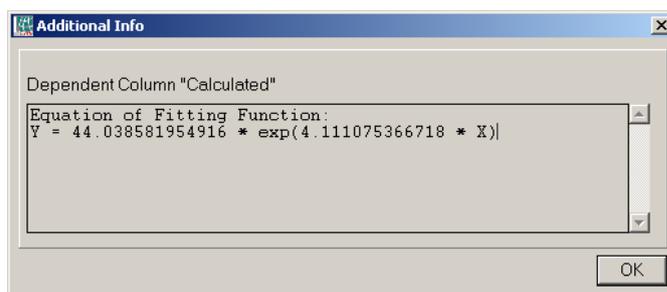
coeficiente de correlação é obtido ( $R=0.517$ ). Para este tipo de vegetação (pastagens naturais), não são esperadas altas correlações (Fonseca et. al., 2007), porque as áreas são não-homogêneas, já que os Pampas têm níveis muito altos de biodiversidade (Overbeck et. al., 2007). Este comportamento é também observado em outras situações em que o NDVI é usado para estimar a biomassa acima do solo em outras áreas não-homogêneas (Wessels et. al.; 2006).

Tendo observado a ocorrência de uma correlação positiva, o próximo passo é expressar essa relação na forma de uma equação para transformar o NDVI em biomassa acima do solo. De acordo com Gamon et. al. (1995) a relação entre estas duas variáveis é exponencial. Primeiramente seleccione da tabela menu o ícone de gráficos. Do menu "Create Graph" seleccione "NDVI" como eixo-X e "Measured" como eixo-Y. Pressione OK para visualizar o gráfico. Você pode modificar as propriedades do gráfico seleccionando itens na legenda à esquerda. Por exemplo, deseccione "Legend", clique duas vezes sobre o item "NDVI\*Measured", use como "Color" o "Red". Mude também as configurações de Min-Max no eixo de gráfico (X: de 0 para 1, intervalo de 0.2 e Y: de 0 para 1400, intervalo de 200). Proceda então a partir da janela gráfica ativa, seleccionando do menu "Edit", "Add Graph" e seleccione "Least Square Fit. Seleccione como a coluna X "NDVI" e como a coluna Y "Measured", use como Função "Exponential" e pressione "OK". Da legenda do gráfico seleccione o item: "NDVI\*Measured-Exponential", mude Color para "Black" e fixe o Line Width em "0.2". Note também a formula de regressão, dada no canto inferior esquerdo deste menu. Pressione "OK". Os seus resultados devem assemelhar-se aos exibidos na figura 2.6.



**Figura 2.6 Tabela com medidas insitu e gráfico de dispersão mostrando a relação**

Feche a janela do gráfico, salve eventualmente o gráfico (ou seleccione do menu do gráfico a opção File e Save). Ative a tabela "insitu\_measurements" novamente e da tabela Menu seleccione "Column", "Least Squares", para a coluna X seleccione "NDVI" e para a coluna Y seleccione "Measured", especifique como coluna de saída "Calculated". Use como função "Exponential" e pressione OK para executar a operação. Na janela de propriedades da coluna seleccione a opção "Informação Adicional", aqui é dada a função que precisará ser usada posteriormente para transformar o NDVI em mapas de biomassa acima do solo. A função derivada deve parecer-se à dada na Figura 2.7. Deixe as outras opções em sua configuração padrão e pressione OK. Uma nova coluna, chamada "Calculated" é então adicionada à tabela. Verifique também os resultados obtidos na tabela.



**Figura 2.7 Função Exponencial derivada**

## 2.10. Gerando o mapa de biomassa acima do solo

### 2.10.1. Calculando a biomassa acima do solo

Para gerar um conjunto de mapas de biomassa acima do solo, a equação que expressa a relação desta variável com o NDVI precisa ser aplicada a cada pixel da Lista de Mapas “Ibirapuita\_2002”. Para desempenhar esta operação selecione a opção “MapList calculation” disponível no menu “Operations=>Raster Operations”. O símbolo “@1” na equação representa a lista de mapas “Ibirapuita\_2002”. Os resultados são expressos num conjunto de dados dos novos mapas de saída. As opções para desempenhar esta operação são mostradas na figura 2.8. Pressione “Show” para executar a operação.

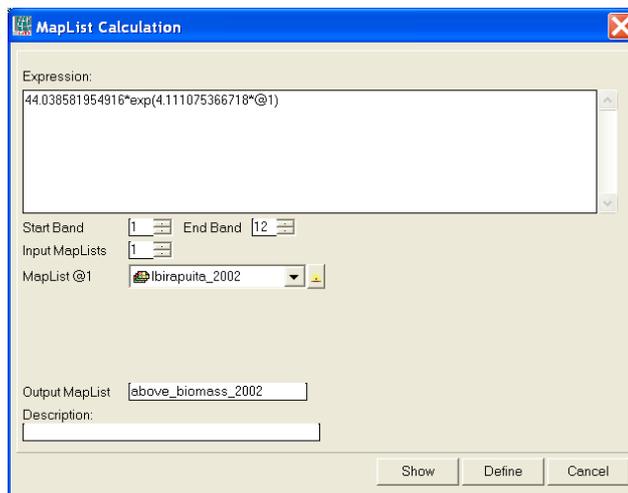


Figura 2.8 Opções para gerar o ajuste para o mapa de biomassa acima do solo

### 2.10.2. Visualizando os resultados

Todos os mapas de biomassa acima do solo calculados para cada mês de 2002 podem ser visualizados em um show de slides, ou individualmente como um mapa. Dado que o intervalo de valores da lista de mapas da “Aboveground\_biomass\_2002” é entre 260kg/ha e 1070kg/ha, é necessário construir uma nova representação de cores que permita a visualização das variações da biomassa acima do solo. Para isto selecione “New Representation” disponível no menu “Operation-List”. A representação de cores feitas para este exercício é chamada “biomass\_pampa”, e é apresentada na figura 2.9.

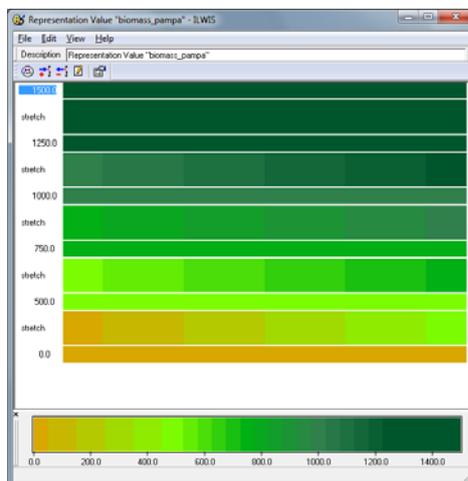
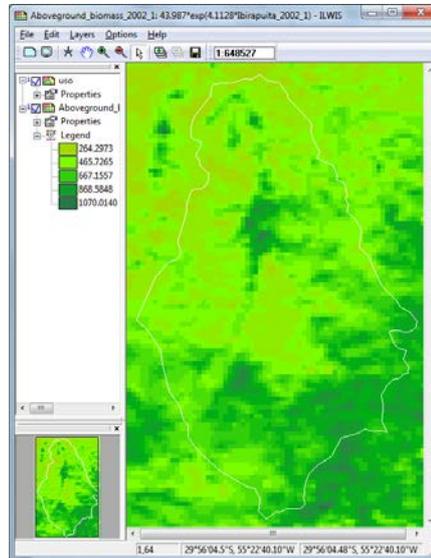


Figura 2.9 A representação de cores para a biomassa acima do solo do Pampa

Todos os mapas de biomassa acima do solo calculados para cada mês de 2002 podem ser visualizados em um show de slides, ou individualmente como um mapa. Dado que o intervalo de valores da lista de mapas da “Aboveground\_biomass\_2002” é entre 260kg/ha e 1070kg/ha, é necessário construir uma nova representação de cores que permita a visualização das variações da biomassa acima do solo. Para isto selecione “New Representation” disponível no menu “Operation-List”. A representação de cores feitas para este exercício é chamada “biomass\_pampa”, e é apresentada na figura 2.9.

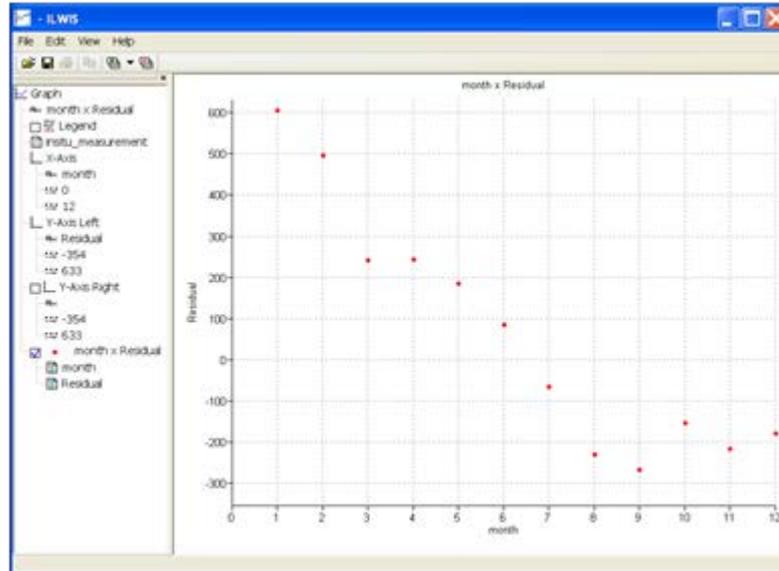


**Figura 2.10** Mapa da Biomassa acima do solo para Janeiro-2002

### 2.11. Verificação dos resultados

O cálculo da biomassa acima do solo pode ser comparado aos valores medidos “*in situ*” na tabela. Como a vegetação do bioma Pampa é não-homogênea, a distribuição dos pontos não se adéqua a uma linha reta, tendo um ângulo de 45. Isto é esperado para este tipo de vegetação. Consulte mais uma vez a Figura 2.6 para ver a distribuição dos pontos e a relação utilizada. Abra a tabela “insitu\_measurements” novamente e digite na linha de comando a seguinte expressão: “Residual:=Measured-Calculated”

Pressione enter e deixe todas as opções na sua configuração padrão na recém aberta caixa de diálogo “Column Properties” e pressione “OK”. Uma nova coluna é obtida, chamada “Residual”. Faça um novo gráfico e use como eixo X a coluna “Month” como eixo Y a coluna “Residual”. Visualize o gráfico e, a partir da sua legenda, deselectione o item “Legend”. Os seus resultados devem parecer-se à figura 2.11. Como se pode observar nesta figura, a análise residual mostra claramente uma dependência temporal. Os altos resíduos estão associados ao começo do ano. Durante o início de 2002 o fenômeno El Nino resultou em chuvas acima da média no início do ano nesta região (CPTEC, 2011) e isto pode ter afetado a qualidade da informação de satélite.



*Figure 2.11 Residual analysis*

## 2.12. Conclusões

Os dados obtidos com o instrumento de Vegetação-Spot podem ser usados para derivar estimativas de biomassa acima do solo. As observações de satélite podem ser convertidas em mapas NDVI, e estes por sua vez podem ser convertidos em biomassa, usando uma equação – modelo matemático. Este tipo de informação é útil para monitorar o bioma dos Pampas, e é necessária para preservar a vegetação natural em associação com a exploração econômica realizada pelas populações tradicionais. A calibração do modelo para cada tipo de cobertura vegetal, considerando também o clima local, permitirá que sejam feitos modelos mais realistas, mais úteis nas condições locais e em escala regional, se comparados aos modelos de escala global. Para desenvolver um modelo global para estimar a biomassa acima do solo é necessário fazer generalizações, como para o cerrado brasileiro e a savana africana. Estas generalizações são necessárias, mas podem ser um obstáculo à aplicação de resultados para o planejamento e monitoramento locais. Os resultados da análise aqui apresentada podem ser melhorados com um conjunto maior de dados “*in situ*” para diferentes locais e coletados por períodos de tempo mais longos.

## REFERÊNCIAS

---

CPTEC (2011): Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – El Niño e La Niña (<http://enos.cptec.inpe.br>)

Fonseca, E. L. et al. (2007): Estimativa da disponibilidade de forragem do bioma Campos Sulinos a partir de dados radiométricos orbitais: parametrização do submodelo espectral. *Ciência Rural*, v.37, p. 1668-1674.

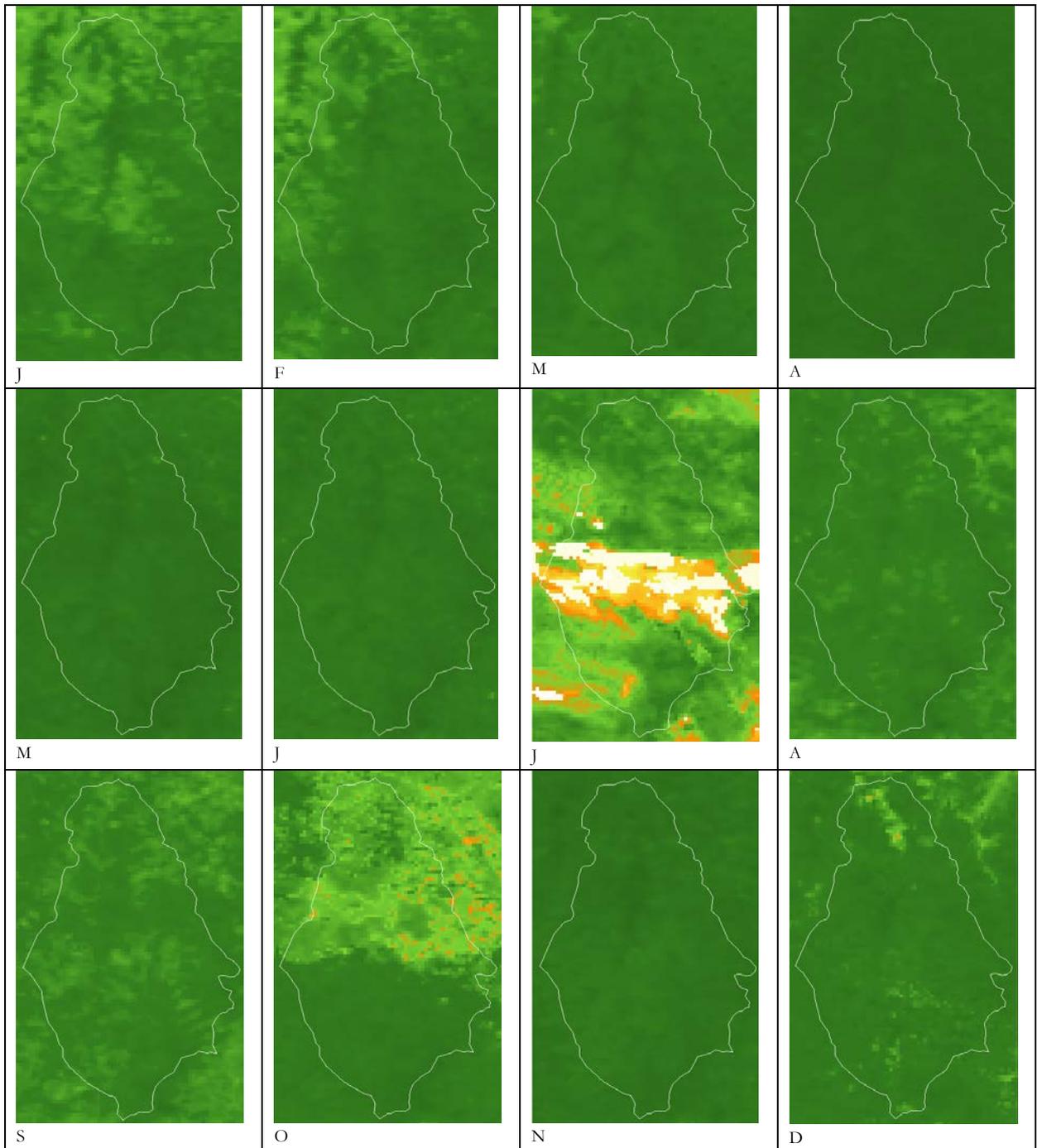
Gamon, J.A. et al. (1995): Relationships between NDVI, canopy structure and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications*, v. 5, n. 1, p. 28-41.

MMA (2011): Ministerio do Meio Ambiente (<http://www.icmbio.gov.br/menu/produtos-e-servicos>)

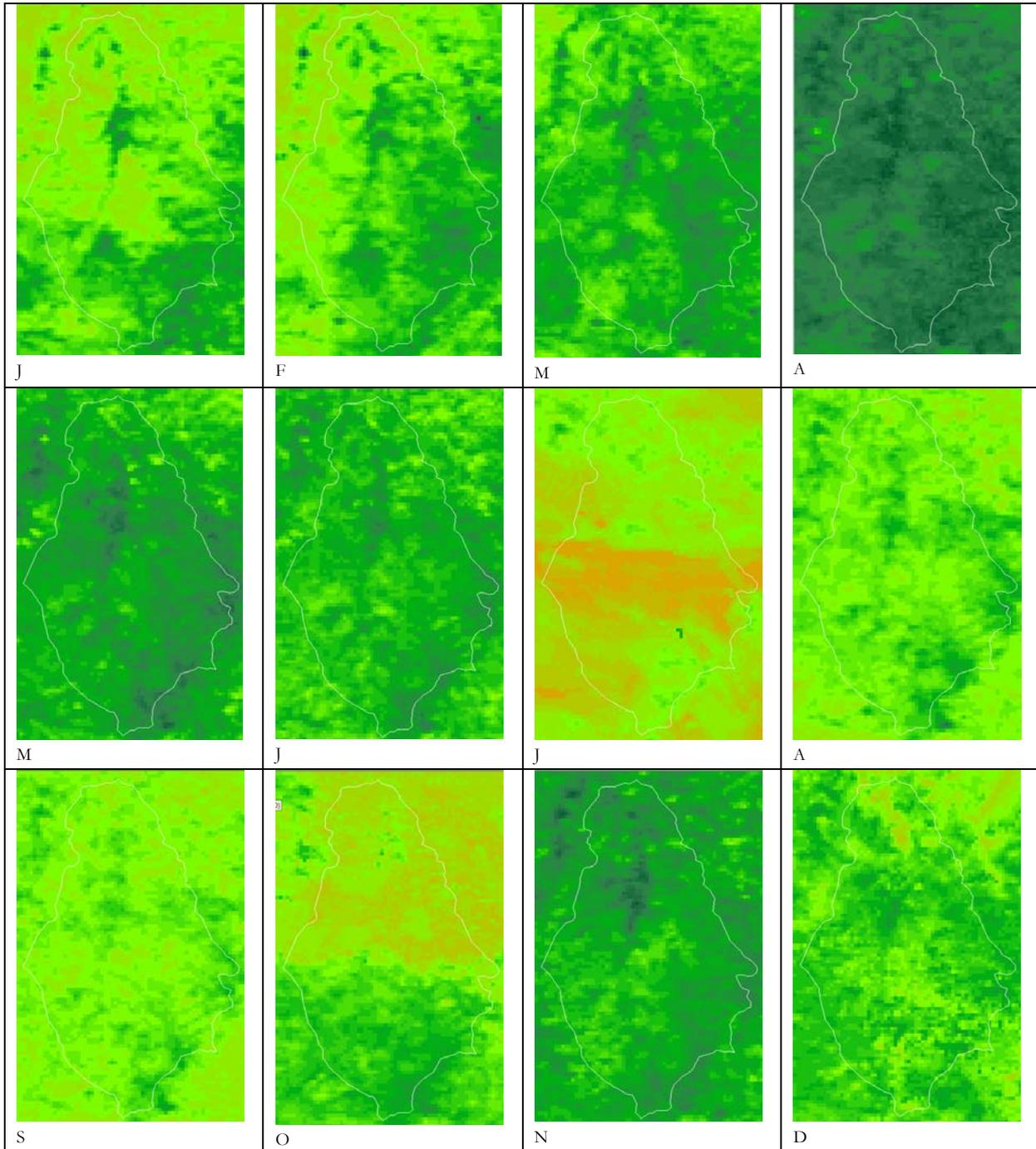
Overbeck, G.E. et al. (2007). Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v.9, p. 101-116.

Wessels, K. J. et al. (2006). Relationship between herbaceous biomass and 1km<sup>2</sup> Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) NDVI in Kruger National Park, South Africa. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, No. 5, p.951–973.

## Appendix 1 Séries Temporais do NDVI sobre o EPA de Ibirapuitã para o ano de 2002



Appendix 2 Séries Temporais de Mapas de Biomassa acima do Solo sobre o EPA de Ibirapuitã para o ano 2002.



## 3. MONITORAMENTO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS

By: **André Souza<sup>1</sup>** and **Agmom Rocha<sup>2</sup>**

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) está presente em todas as regiões brasileiras, seguindo a trajetória da produção agrícola, do planejamento ao plantio e até a mesa do consumidor. A CONAB contribui para a decisão dos agricultores quanto ao tempo de semear, a colheita, o armazenamento e permanecerá envolvida até a distribuição dos produtos no mercado. As operações desempenhadas pela CONAB são coordenadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Por estas ações a companhia conduz estudos e estatísticas de preços, assim como pesquisas de custos da produção agrícola, a estimativa de semeadura e colheita de grãos, além do volume e da localização dos estoques públicos e privados de uma variedade de produtos. A estimativa da produção de etanol, e o levantamento de outras informações relevantes são também estendidos às colheitas de café e de cana de açúcar.

A Faculdade de Agronomia da Universidade de Campinas (FEAGRI/UNICAMP) é muito ativa no desenvolvimento de projetos de pesquisa focados em soluções tecnológicas para os problemas do agronegócio brasileiro. O Laboratório de SIG da FEAGRI tem um papel no treinamento de profissionais altamente qualificados para atuar e utilizar a geoinformação como uma ferramenta para a tomada de decisões. Ele também trabalha no desenvolvimento de estudos, planeja e integra cursos multidisciplinares em aplicações de SIG e de sensoriamento remoto e GPS na agricultura, meio ambiente e outras disciplinas.

### 3.1. Relevância do Tópico Escolhido

O Brasil destaca-se como um dos maiores produtores agrícolas mundiais, com ênfase em grãos, café e bicompostíveis. Isto foi possível devido à avanços tecnológicos que o colocou em alta posição na classificação mundial. No entanto, por conta das dimensões continentais deste país, a variabilidade climática é um grande desafio à manutenção desta posição. Por isto, é necessária a adoção de novas técnicas, e o desenvolvimento de tecnologias e metodologias para melhorar o monitoramento e a previsão de colheitas.

### 3.2. Objetivo da Aplicação

Usar índices de vegetação derivados do instrumento de SPOT-VEGETATION para monitorar e identificar áreas agrícolas com cultivos temporários (como milho, arroz, soja, cana de açúcar) e permanentes (café), assim como reflorestamento.

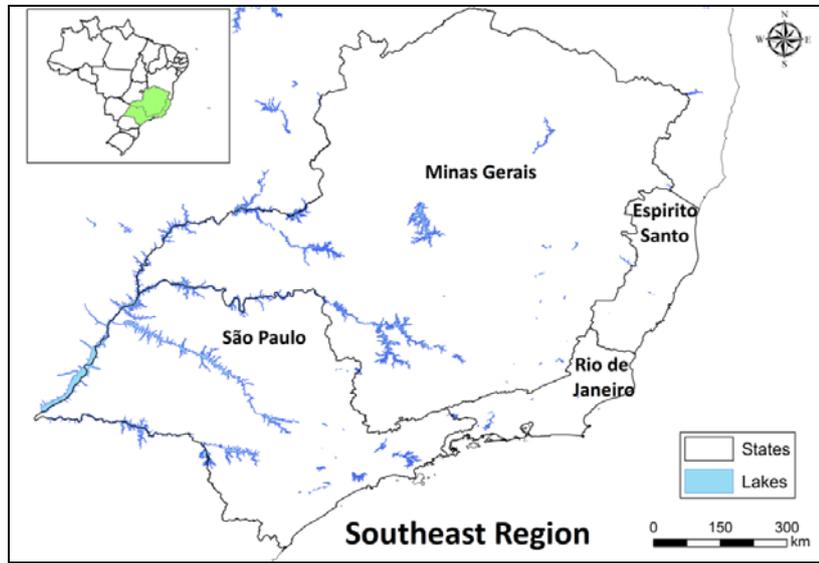
### 3.3. Metodologia

A metodologia utilizada neste exercício para o monitoramento de cultivos, baseou-se em índices de vegetação derivados do instrumento de SPOT-VEGETATION e informações adicionais, tais como as regiões de produtividade excepcional para estes cultivos em São Paulo e Minas Gerais. Também foram incluídos os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. A área de estudo é representada na Figura 3.1. O período para este estudo de caso depende da disponibilidade de dados de Produtividade de Matéria Seca (Dry Matter Productivity, DMP) para a América do Sul. A década de início para este produto é a primeira de abril de 2010, e a série temporal termina na segunda década de 2011. Há duas décadas faltando: a primeira de julho e a última de novembro de 2010. A série consiste, portanto de 27 décadas. Além da DMP, foram também usados os Índice de Diferença Normalizada de Vegetação (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) e o Índice de Diferença Normalizada de Água

<sup>1</sup> André Souza (CONAB) [andrelfsouza@gmail.com](mailto:andrelfsouza@gmail.com)

<sup>2</sup> Agmom Rocha (UNICAMP/FEAGRI) [agmon@agr.unicamp.br](mailto:agmon@agr.unicamp.br)

(Normalized Difference Water Index, NDWI). Como base nestes conjuntos de dados, outros índices foram gerados para complementar a informação provida pelos NDVI, NDWI e DMP. São estes: Fração de Cobertura Vegetal (Fraction Vegetation Cover, FVC), Índice de Área Foliar (Leaf Area Index, LAI), Índice de Espalhamento Estrutural (Structural Scattering Index, SSI) e ainda um outro, que resulta da combinação dos dados de NDVI, NDWI e DMP. Este último serve apenas para destacar os padrões estruturais dos cultivos agrícolas neste estudo e foi denominado Índice de Vegetação Combinado (Combined Vegetation Index, COMBVI). Para maiores informações sobre os produtos de Vegetação SPOT, o manual de usuários do VGT4Africa pode ser consultado (Bartolomé, 2006).



**Figure 3.4 Região selecionada no Sudeste do Brasil**

O FVC foi calculado usando a equação 1, seguindo Jiménez-Munhoz et. al. (2005), veja também a tabela 3.1. O LAI foi calculado segundo a equação 2, seguindo Norman et. al. (2003). O SSI foi calculado com a equação 3, seguindo Gao et. al. (2003). Não há referências para o cálculo do COMBVI, um índice recentemente desenvolvido, para o qual se usa a equação 4. Este índice combina DMP, NDVI e NDWI, colocando os últimos “quase” na mesma escala que o DMP. A Figura 3.2 mostra a metodologia adotada.

Número da Equação	Equação usada
Eq1	$FVC = 1.1101 * NDVI - 0.08577$
Eq2	$LAI = -2 * \ln(1 - FVC)$
Eq3	$SSI = 3.175 * NDVI - 0.297$
Eq4	$COMBVI = DMP + 10 * NDVI + 10 * NDWI$

**Tabela 3.1 Conjunto de Equações Usadas**

### 3.4. Coleta e Pré-processamento de dados

Antes de iniciar o trabalho com os dados, abra o ILWIS, assegure-se de que a caixa de ferramentas GEONETCast esteja instalada e navegue para o seu diretório de trabalho ativo. Os passos de pré-processamento a seguir visam minimizar o tamanho da amostra de dados e o tempo de processamento necessário. A descrição dos vários passos (Capítulos 3.4.1 e 3.4.3) é dada como referência, e aplicada às séries de dados brutos de NDVI, NDWI e DMP, derivadas do instrumento de SPOT Vegetation.

#### 3.4.1. Pré-processamento, passo 1

Precesse os dados de GEONETCast – DevCoCast, usando o menu “GNC-Toolbox” do ILWIS. O mesmo procedimento pode ser realizado usando rotinas de “batch looping”. Este procedimento também é descrito.

### 3.4.1.1. Importando arquivos brutos para o ILWIS, usando o menu “GLC- Toolbox”

Simplemente coloque todos os arquivos brutos em um diretório e especifique o caminho até este diretório usando o Navegador no ILWIS. Daí em diante, no “Operation- Tree” selecione “Geonetcast” e “Toolbox”. Escolha então a fonte dos dados, a região e, por fim, o produto desejado. Observe que você deve configurar, (“Configure”), os arquivos, (“Folders”) disponíveis no menu “GNC-Toolbox” e especificar corretamente o “Input Directory” e o “Output Directory”. Os arquivos originais do Vegetação - SPOT para a América do Sul obedecem a uma convenção de nomes, como: “V2KRNS10\_20090101\_NDVI\_S-America.ZIP”. Usando o “GNC – Toolbox”, apenas o campo de data, “Date” precisa ser especificado segundo o formato exigido (aaaammdec). A Figura 3.3. mostra o menu “Toolbox” em detalhes.

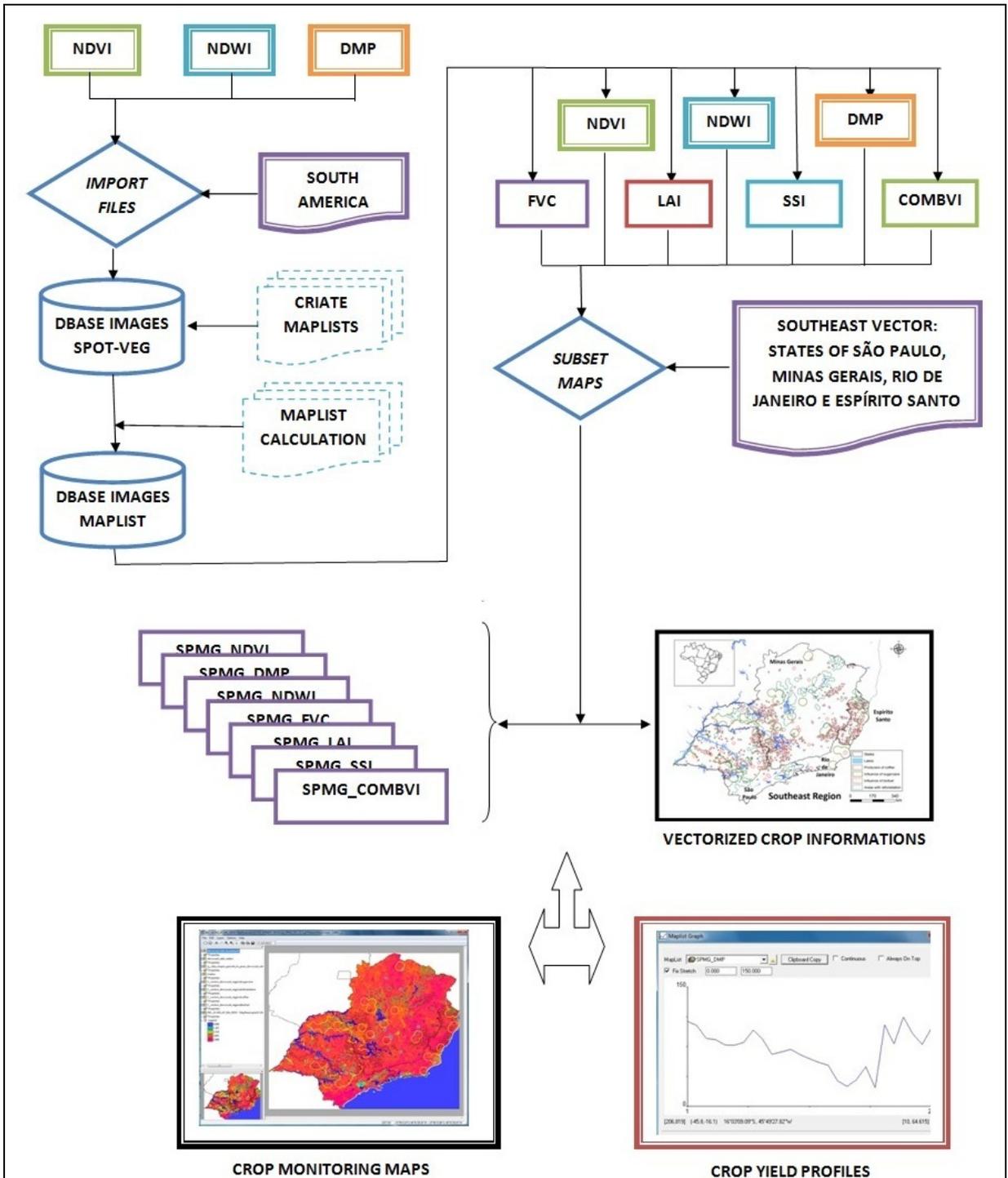


Figura 3.2 Metod. p/ Monitoramento de produtividade de culturas usando índices do SPOT-VEGETATION

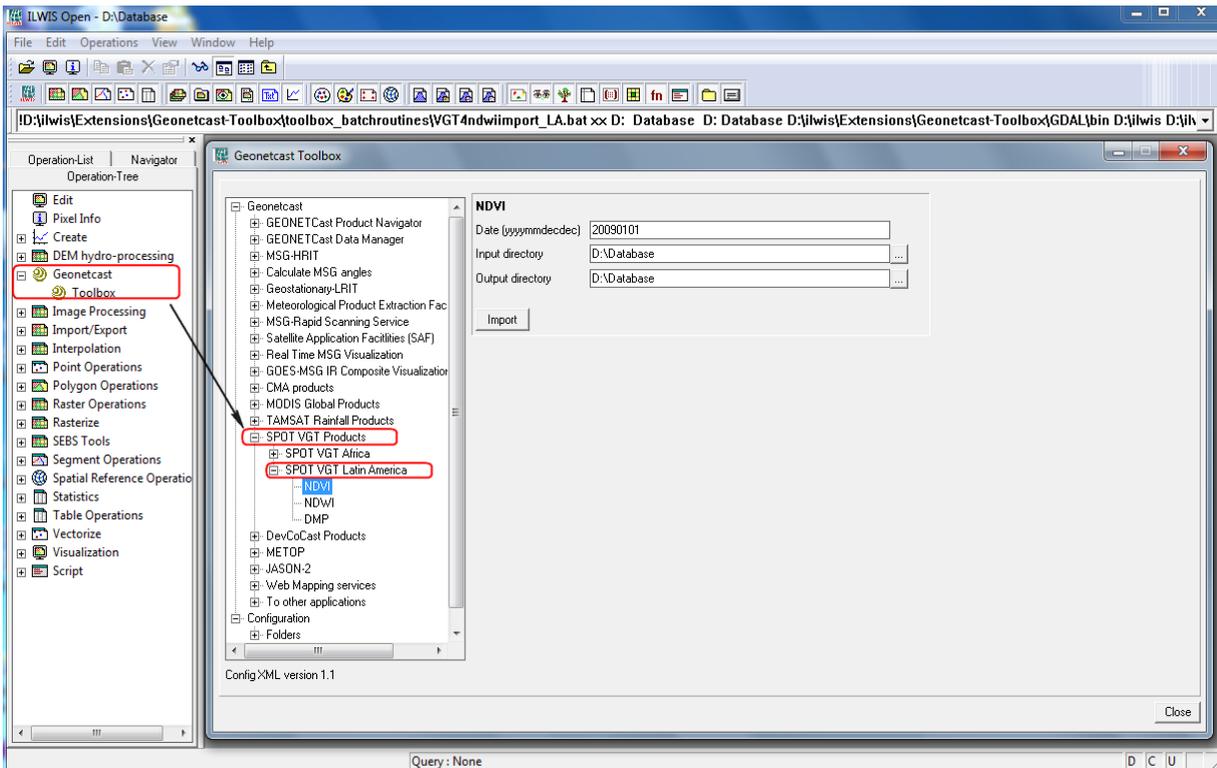


Figura 3.3 Menu do GNC-“Toolbox” para importar produtos do SPOT VGT para a América Latina

#### 3.4.1.2. Importando várias imagens usando rotinas de “batch looping”

É possível adaptar o comando de importação de grupos de arquivos do ILWIS, localizado no diretório “Extensions\Geonetcast\Toolbox\Toolbox\_Batchroutines”, veja também a figura 3.4. Use o seu “Windows Explorer” para navegar nesta pasta, localizada dentro do diretório principal do ILWIS. Há numerosos lotes de arquivos (batch files) para importação de dados transferidos por GEONETCast para o formato ILWIS, usando comandos simples de MSDOS.

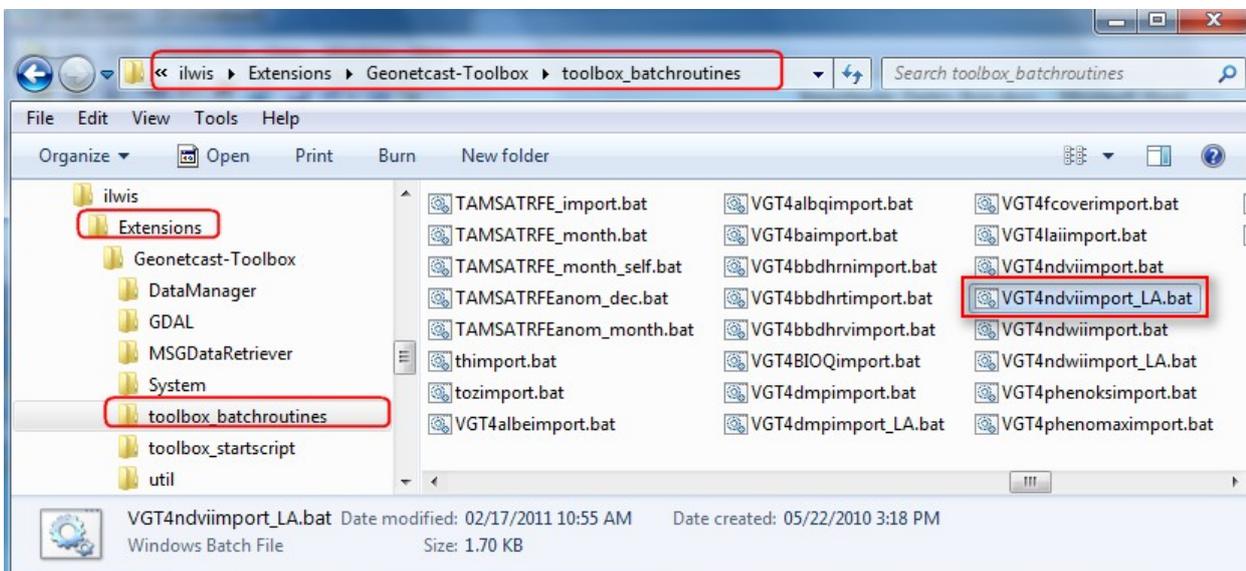
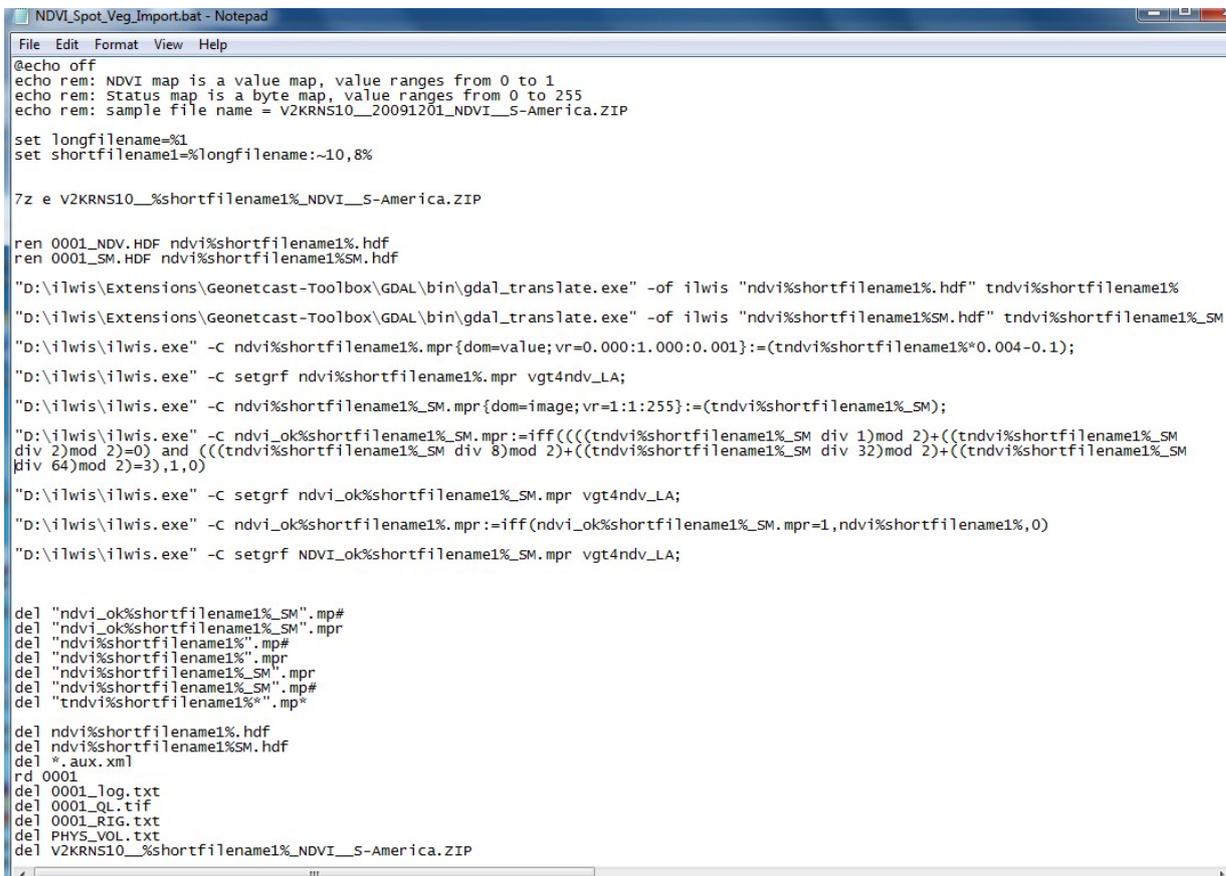


Figura 3.4 O Diretório da rotina de “batch” do GNC-Toolbox

Para obter os detalhes do formato bruto dos dados, são necessárias informações de meta-dados. Usualmente, esta documentação também contém informações sobre correção – conversão de parâmetros e a geometria utilizada. Com

esta informação pode-se desenvolver uma rotina de importação para o propósito desejado. Veja, na Figura 3.5, um exemplo para importar dados gerados a partir do NDVI do Vegetação SPOT para a região da América Latina. Essa batch routine está adaptada à importação regular quando se usa o menu. Aqui o mapa de status é também aplicado.



```

NDVI_Spot_Veg_Import.bat - Notepad
File Edit Format View Help
@echo off
echo rem: NDVI map is a value map, value ranges from 0 to 1
echo rem: Status map is a byte map, value ranges from 0 to 255
echo rem: sample file name = V2KRNS10_20091201_NDVI__S-America.ZIP

set longfilename=%1
set shortfilename1=%longfilename:~-10,8%

7z e V2KRNS10_%shortfilename1%_NDVI__S-America.ZIP

ren 0001_NDV.HDF ndvi%shortfilename1%.hdf
ren 0001_SM.HDF ndvi%shortfilename1%SM.hdf

"D:\ilwis\Extensions\Geonetcast-Toolbox\GDAL\bin\gdal_translate.exe" -of ilwis "ndvi%shortfilename1%.hdf" tndvi%shortfilename1%
"D:\ilwis\Extensions\Geonetcast-Toolbox\GDAL\bin\gdal_translate.exe" -of ilwis "ndvi%shortfilename1%SM.hdf" tndvi%shortfilename1%_SM
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c ndvi%shortfilename1%.mpr {dom=value;vr=0.000:1.000:0.001}:(tndvi%shortfilename1%*0.004-0.1);
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c setgrf ndvi%shortfilename1%.mpr vgt4ndv_LA;
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c ndvi%shortfilename1%_SM.mpr {dom=image;vr=1:1:255}:(tndvi%shortfilename1%_SM);
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c ndvi_ok%shortfilename1%_SM.mpr:=iff(((tndvi%shortfilename1%_SM div 1)mod 2)+((tndvi%shortfilename1%_SM
div 2)mod 2)=0) and (((tndvi%shortfilename1%_SM div 8)mod 2)+((tndvi%shortfilename1%_SM div 32)mod 2)+((tndvi%shortfilename1%_SM
div 64)mod 2)=3),1,0)
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c setgrf ndvi_ok%shortfilename1%_SM.mpr vgt4ndv_LA;
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c ndvi_ok%shortfilename1%.mpr:=iff(ndvi_ok%shortfilename1%_SM.mpr=1,ndvi%shortfilename1%,0)
"D:\ilwis\ilwis.exe" -c setgrf NDVI_ok%shortfilename1%_SM.mpr vgt4ndv_LA;

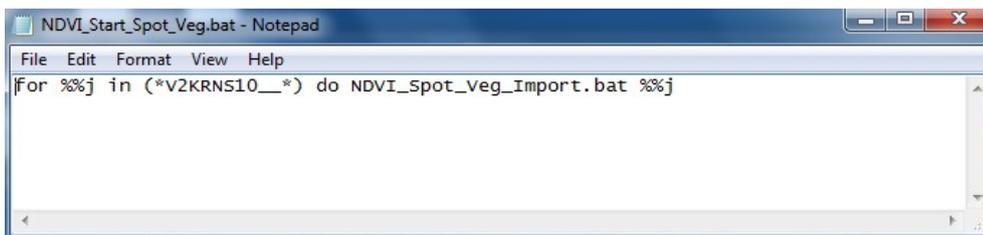
del "ndvi_ok%shortfilename1%_SM".mpr#
del "ndvi_ok%shortfilename1%_SM".mpr
del "ndvi%shortfilename1%".mpr#
del "ndvi%shortfilename1%".mpr
del "ndvi%shortfilename1%_SM".mpr#
del "ndvi%shortfilename1%_SM".mpr#
del "tndvi%shortfilename1%".mpr#

del ndvi%shortfilename1%.hdf
del ndvi%shortfilename1%SM.hdf
del *.aux.xml
rd 0001
del 0001_log.txt
del 0001_QL.tif
del 0001_RIG.txt
del PHYS_VOL.txt
del V2KRNS10_%shortfilename1%_NDVI__S-America.ZIP

```

*Figura 3.5 SPOT VGT NDVI arquivo batch de importação para a América Latina*

A medida que novos dados precisem ser importados para gerar uma série temporal dos produtos, uma nova “batch file” pode ser criada, como indicado na figura 3.6, usando uma rotina de loop do tipo “FOR” e “DO”. Neste exemplo todos os produtos com um nome de arquivo consistindo de “\*V2KRNS10\_\*” **will be taken** (serão usados?) e o “NDVI\_SPOT\_Veg\_import.bat” (veja a figura 3.5) será executado. Note que o caminho para a **batch file** a ser executada precisa ser corretamente definido, aqui se assume que todos os dados estão situados no mesmo diretório



```

NDVI_Start_Spot_Veg.bat - Notepad
File Edit Format View Help
for %%j in (*V2KRNS10_*) do NDVI_Spot_Veg_Import.bat %%j

```

*Figura 3.6 Procedimento batch For – Do loop*

Tendo selecionado a serie temporal de produtos brutos de NDVI de Vegetação SPOT, pode-se simplesmente executar a “batch routine” ‘NDVI\_Start\_SPOT\_Veg.bat’ (figura 3.6), que por sua vez irá rodar a rotina principal de importação (“NDVI\_SPOT\_Veg\_import.bat”, veja figura 3.5). Note que o ILWIS não precisa estar ativo, já que agora é operado a partir do “prompt” de comandos do MSDOS. Manipular assim os dados importados facilita a construção eficiente de uma série temporal. A Figura 3.7 mostra uma tela com a saída da rotina de importação,

quando esta está ativa. Os procedimentos de importação podem ser adaptados a cada conjunto de dados utilizado, basicamente pela configuração destas rotinas “batch” de importação.

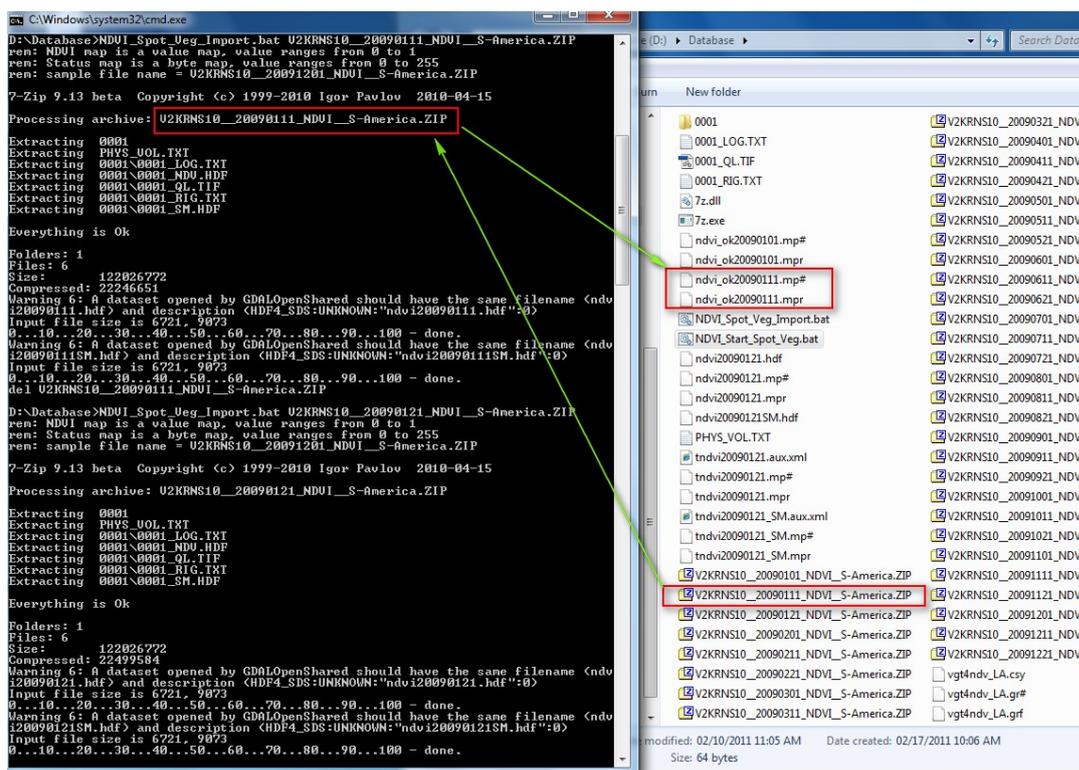


Figura 3.8 NDVI S10 Rotina de importação da Informação de Tela

### 3.4.2. Pré-processamento, passo 2

O próximo passo é criar uma lista de mapas contendo os arquivos importados. Do menu ILWIS, use a opção “Create” e selecione “Map List”. Selecione então os arquivos que serão parte da lista.

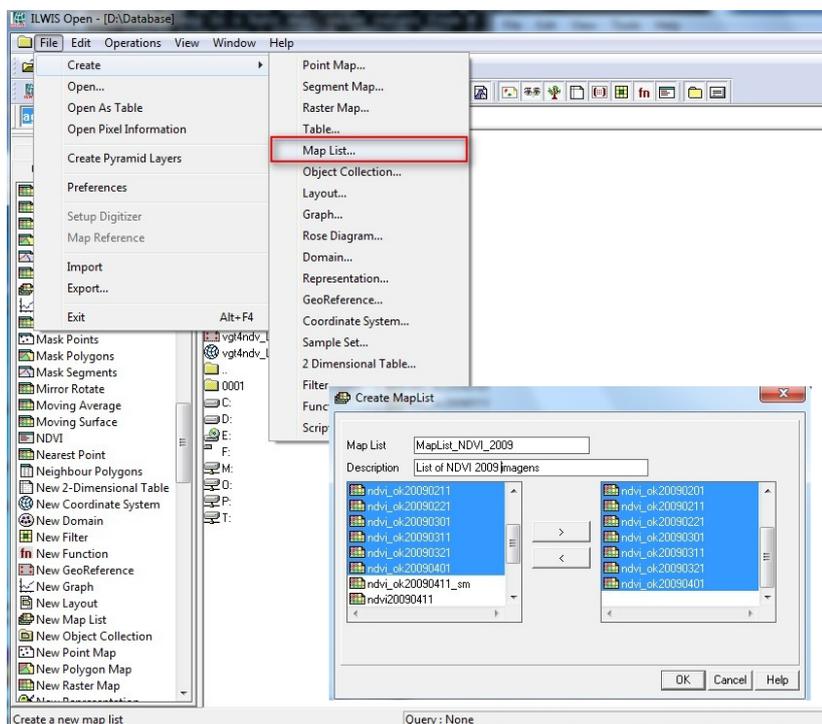


Figura 3.8 Criando uma Lista de MAPAS

### 3.4.3. Pré-processamento, passo 3

Para criar sub-mapas para a sua região de interesse (region of interest, ROI), a partir das listas de mapas, você deve preparar e selecionar a referência espacial com as suas fronteiras de ROI. A lista de mapas pode ser subsequentemente re-amostrada. A partir do menu principal de ILWIS vá para ‘Operations > Spatial Reference Operations > Raster > Resample > Resample Map’. Ao pressionar “Show”, a “Map List” será novamente amostrada. Note que vários métodos de re-amostragem “Resample Methods” podem ser utilizados. Aqui, método “Bicubic” é selecionado.

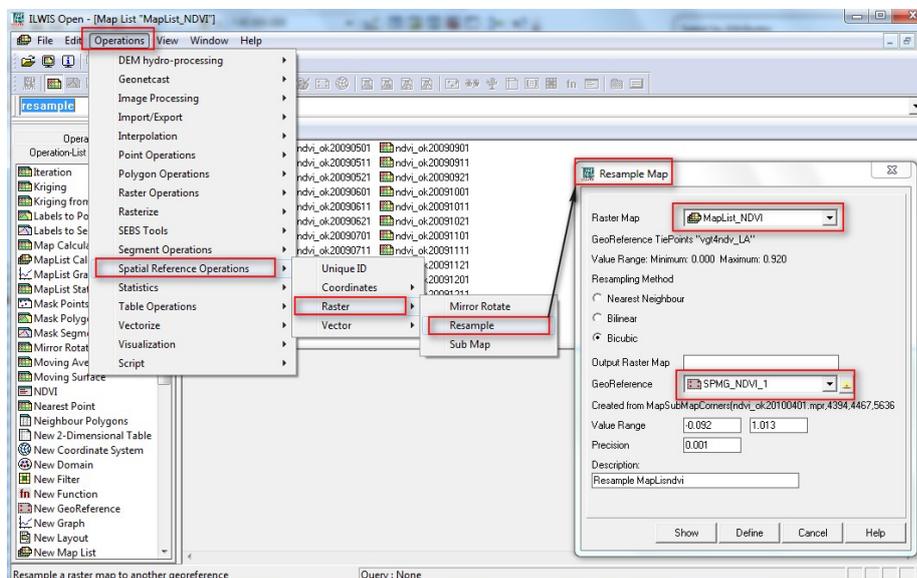


Figure 3.8 Reamostrando uma lista de Mapas

### 3.5. Cálculo dos Diversos Índices de Séries Temporais

Estão à sua disposição os sub mapas para as séries temporais de NDVI, NDWI e DMP, assim como vários arquivos de polígonos indicando as ROI, áreas cobertas por água e a máscara (mask) de cultivo regionalizada para Café, Cana de Açúcar, B combustíveis e Reflorestamento. Para prosseguir você calculará os demais índices, como indicado na tabela 3.1. A partir do menu de ILWIS, selecione “Operations”, “Raster Operations” and “MapList Calculation”. Insira a formula como indicado na Figura 3.9, idêntica à equação 1, agora aplicada apenas se o valor de NDVI for maior do que 0. Se este não for o caso, o valor “ausência de dados” será retornado para o mapa de saída, aqui representado por “?”.

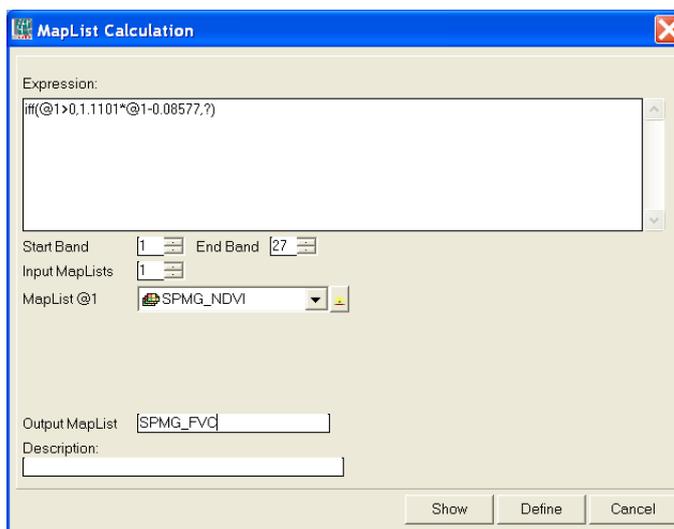


Figure 3.9 Cálculo da Lista de Mapas para derivar o FVC usando séries temporais do NDVI

Abra a recém calculada “Map List” e visualize o mapa “SPMG\_FVC\_1”, usando como representação (Representation) “fvc”. Note que este mapa representa a primeira dezena de abril de 2009! Todas as dezenas mais recentes receberam números seqüenciais mais altos. Mova, com o botão esquerdo do mouse pressionado, o cursor sobre a camada ativa do mapa. Você verá valores de “ausência de dados” representados por “?” e valores negativos devido ao método escolhido de re-amostragem. Para corrigir estes valores negativos uma nova lista de mapas pode ser calculada inserindo a equação a seguir diretamente na linha de comando do menu principal de ILWIS e pressionando “enter”:

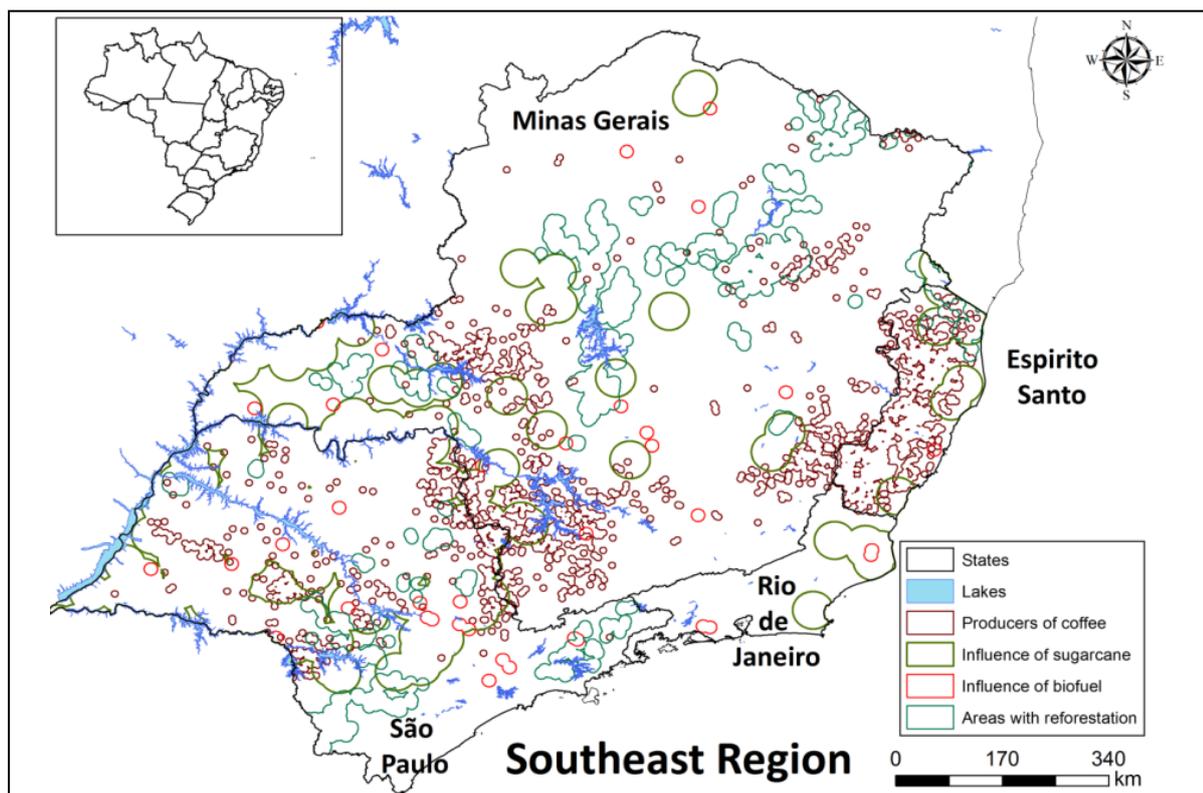
```
SPMG_FVC_cor.mpl:=maplistcalculate("iff(@1>0,@1,?)",0,26,SPMG_FVC.mpl)
```

Visualize mais uma vez a primeira dezena de abril de 2009 desta recém calculada “Map List” e verifique se os resultados estão corretos, note que nas “Raster Map Display Options” os valores mínimos e máximos do mapa também são fornecidos! Calcule de maneira similar também os outros índices (equações 2 a 4, como indicado na tabela 3.1) e verifique os seus resultados. Corrija o mapa SSI de maneira idêntica à descrita acima. Visualize o mapa LAI calculado usando “Representation” “lai”, e os de SSI e COMBVI usando “Representation” “Pseudo”

```
SPMG_LAI.mpl:=maplistcalculate("iff(@1>0,-2*ln(1-@1),?)",0,26,SPMG_FVC_cor.mpl)
SPMG_SSI.mpl:=maplistcalculate("iff(@1>0,3.175*@1-0.297,?)",0,26,SPMG_NDVI.mpl)
SPMG_COMBVI.mpl:=maplistcalculate("@1+10*@2+10*@3",0,26,SPMG_DMP.mpl,
SPMG_NDVI.mpl,SPMG_NDWI.mpl)
```

### 3.6. Dados locais / regionais (in-situ)

O Sudeste do Brasil foi selecionado para ser monitorado usando dados (NDVI, NDWI e DMP) e índices derivados (FVC, LAI, SSI e COMBVI). Localizações regionalizadas de cultivos são também fornecidas para a região (figura 3.10).



*Figura 3.10 Dados locais de áreas com cana de açúcar, café, biocombustíveis, e reforestamento nos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo, Sudoeste do Brasil*

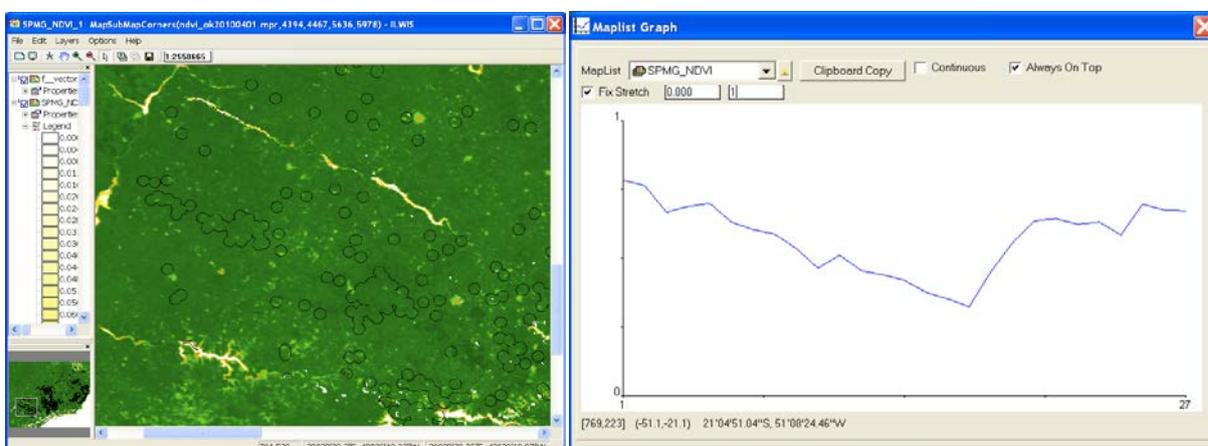
As áreas de cultivo de café estão baseadas em dados obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As designadas como de cultivo de cana estão definidas como uma zona de proteção (buffer) ao redor das instalações de processamento de cana, tendo um raio mínimo de 30km. A localização das unidades de processamento são georeferenciadas pela CONAB. Estas áreas de proteção (buffer) abrangem a maior parte do cultivo de cana da região. O mesmo procedimento foi aplicado para criar zonas de proteção (buffer) para os bicompostíveis. Para identificar áreas de reflorestamento foram empregadas técnicas estatísticas, como o desvio padrão, usando dados de NDVI de SPOT-Vegetation. Em torno das áreas identificadas foram também criadas zonas de “buffer”.

Visualize em uma nova janela o campo vetorial “G\_\_Data\_Shapes\_Geoweb\_BR\_Graos\_DevCoCast\_SEBR”, mostrando as fronteiras administrativas. Selecione no menu da janela do mapa ativo as opções “Layers” e “Add Layer”, e selecione a camada “DevCoCast\_SEBR\_Waters”, como opções de visualização, ative “Boundaries Only” e pressione “OK”. Agora, selecione do menu principal da janela ativa de mapa “File” e “Open Pixel Information”. Arraste o curso sobre o mapa e note que a informação tabular é apresentada também. Feche a janela de “Pixel Information”. Agora adicione os vetores de “Bio Fuel”, “Reforestation”, “Coffee” e “Sugarcane”, usando a opção de visualização “boundary only”, aplicando uma “Boundary Color” diferente aos vários campos de vetores. Os seus resultados devem assemelhar-se aos da figura 3.10.

### 3.7. Combinando dados “insitu” com os de GEONETCast – DevCoCast

As series temporais, processadas e reamostradas, de índices do SPOT-Vegetation (NDVI, NDWI, DMP, FVC, LAI, SSI and COMBVI) para a região de interesse podem agora seguir sendo analisadas com o uso das máscaras de cultivo fornecidas, e perfis temporais das áreas agrícolas podem ser gerados para identificar o comportamento dos cultivos devido à variação climática e à sua influência.

Abra a “maplist” “SPMG\_NDVI” e visualize o mapa “SPMG\_NDVI\_1”. Adicione a este mapa a camada de vetores contendo as localizações das áreas de café, chamada “F\_Vectors\_DevCoCast\_RegProdCoffee” e use a opção “Boundaries” apenas para a exibição desta camada. A partir do menu principal do ILWIS, selecione “Operations > Statistics > MapList > MapList Graph”. Na janela gráfica do “maplist” selecione como “MapList” “SPMG\_NDVI”, use um “fix stretch” de 0 a 1, ative as opções “Continuous” e “Always on top”. Ative a janela do mapa mostrando a camada aberta anteriormente “SPMG\_NDVI”, e amplie o canto sudoeste do mapa, veja também a figura 3.11. Passe o cursor do mouse, com o botão esquerdo pressionado, sobre o mapa, e tente localizar o pixel da linha 769 e coluna 223. Note a série temporal de NDVI na janela gráfica.



**Figura 3.11** Mapa de NDVI com máscara de café e gráfico de séries temporais de um pixel

Deselecione a opção “Continuous” e selecione o pixel situado na linha 769 e coluna 223. Escolha a opção “Clipboard Copy”. Do menu principal do ILWIS selecione “File > Create > Table”, como nome da tabela digite “Coffee” e especifique que há “27” registros, pressione OK para criar a tabela.

A partir do menu da tabela, selecione “Columns > Add Column”, como “Column Name” especifique “NDVI” e para “Precision”, escolha 4 casas decimais digitando “0.0001”. Clique no cabeçalho de coluna “NDVI”, a coluna toda agora fica azul, cole os dados guardados na área de transferência para esta coluna. Crie também um algumas outras colunas, chamando-se de “DMP”, “NDWI”, “FVC\_cor”, “LAI”, “SSI\_cor” e “COMBVI” respectivamente, usando o mesmo número de casas decimais. Na janela de “Maplist Graph”, mude o “Maplist” para “SPMG\_DMP”, deselectione a opção “Fix Stretch” e pressione a opção “Clipboard Copy”, cole os dados na tabela “Coffee”, sob a coluna “DMP”. Repita este procedimento até que as colunas tenham sido preenchidas com as séries de dados apropriadas. Os seus resultados devem assemelhar-se à tabela dada na Figura 3.12. Note que, no menu “Table”, a opção “View”, “Statistics Pane” pode ser ativada para obter um resumo estatístico das respectivas colunas.

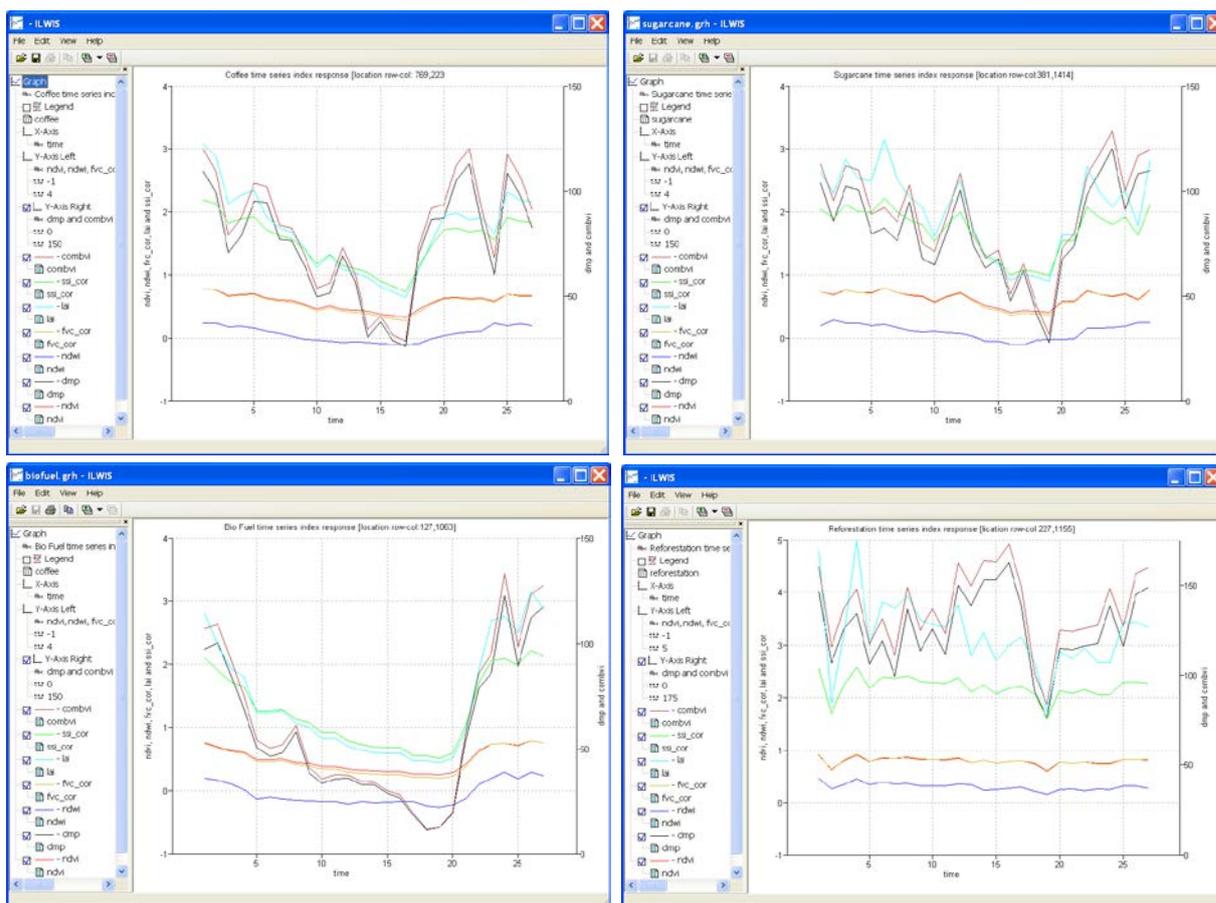
	ndvi	ndwi	dmp	fvc_cor	lai	ssi_cor	combvi
1	0.7840	0.2400	109.51	0.7850	3.0700	2.1922	119.75
2	0.7640	0.2320	99.31	0.7620	2.8739	2.1287	109.27
3	0.6680	0.1760	70.71	0.6560	2.1329	1.8239	79.15
4	0.6880	0.1840	78.37	0.6780	2.2663	1.8874	87.09
5	0.7000	0.1600	95.12	0.6910	2.3508	1.9255	103.72
6	0.6320	0.1040	94.49	0.6160	1.9133	1.7096	101.85
7	0.6040	0.0800	76.92	0.5850	1.7577	1.6207	83.76
8	0.5880	0.0240	76.25	0.5670	1.6739	1.5699	82.37
9	0.5360	-0.0240	64.40	0.5090	1.4236	1.4048	69.52
10	0.4640	-0.0320	49.49	0.4290	1.1218	1.1762	53.81
11	0.5120	-0.0560	51.40	0.4830	1.3179	1.3286	55.96
12	0.4560	-0.0720	69.29	0.4200	1.0910	1.1508	73.13
13	0.4400	-0.0640	56.30	0.4030	1.0306	1.1000	60.06
14	0.4200	-0.0720	30.65	0.3800	0.9576	1.0365	34.13
15	0.3760	-0.0880	37.51	0.3320	0.8058	0.8968	40.39
16	0.3520	-0.1040	28.81	0.3050	0.7276	0.8206	31.29
17	0.3240	-0.1040	26.09	0.2740	0.6401	0.7317	28.29
18	0.4520	-0.0880	69.76	0.4160	1.0757	1.1381	73.40
19	0.5560	-0.0080	86.38	0.5310	1.5162	1.4683	91.86
20	0.6360	0.0320	86.98	0.6200	1.9365	1.7223	93.66
21	0.6440	0.0720	105.15	0.6290	1.9838	1.7477	112.31
22	0.6240	0.0960	112.85	0.6070	1.8675	1.6842	120.05
23	0.6320	0.1040	84.54	0.6160	1.9133	1.7096	91.90
24	0.5840	0.2320	60.17	0.5630	1.6535	1.5572	68.33
25	0.6960	0.1920	108.44	0.6870	2.3222	1.9128	117.32
26	0.6760	0.2240	98.06	0.6650	2.1852	1.8493	107.06
27	0.6720	0.1920	82.17	0.6600	2.1589	1.8366	90.81
Min	0.3240	-0.1040	26.09	0.2740	0.6401	0.7317	28.29
Max	0.7840	0.2400	112.85	0.7850	3.0700	2.1922	120.05
Avg	0.5733	0.0604	74.41	0.5507	1.6951	1.5233	80.75
Std	0.1257	0.1211	25.46	0.1396	0.6355	0.3993	27.46
Sum	15.4800	1.6320	2009.12	14.8690	45.7676	41.1300	2180.24

Figura 3.12 A Tabela resultante para o café contendo os valores de índices das séries temporais

Pressione o ícone Graph icon  no menu Table, deselectione o Eixo-X e, como eixo – Y selecione a coluna “ndvi”, pressione “OK”. No menu de gráfico à esquerda, deselectione a opção “Legend”. Clique duas vezes no item “ndvi” e, do menu “Graph Options – Graph from Columns”, selecione a opção “Line” e pressione “OK”, clique duas vezes em “Y-Axis left”, modifique o texto para: “ndvi, dnwi, fvc\_cor, lai, and ssi\_cor”, modifique a escala “Min-Max” de -1 para 4 e especifique o intervalo como 1, “Interval”:1, pressione “OK”. Clique duas vezes também em “Y-axis right”, modifique o texto para: “dmp and combvi”, mude a escala de “Min-Max” de 0 para 150 e especifique “Interval”:50. Ative o botão “Show Axis” e deselectione a opção “Show Grid”, pressione “OK”. Clique duas vezes no texto “ndvi” no topo do gráfico para especificar como “Graph Title”: “Coffee time series index response [location row-col 769,223]”.

Do menu “Graph”: selecione “Edit > Add Graph > From Columns”, selecione então: “dmp” e pressione “OK” para adicionar esta coluna. Clique duas vezes no item “dmp” na legenda da esquerda do menu do gráfico, mude para a opção de representação com linha e use a cor preta. Agora “Use Y-Axis” “Right” para definir a escala, note também na tabela que o intervalo de valores dos dados é completamente diferente para o dmp e o cmbvi. Pressione OK para ver a nova série temporal de dmp no gráfico. Repita este procedimento até que todas as colunas tenham sido adicionadas, mude o eixo do cmbvi para eixo-Y à direita; para os outros, um eixo-Y à esquerda pode ser usado. O seu gráfico resultante deve assemelhar-se ao gráfico no topo à esquerda da figura 3.13.

Repita o procedimento descrito acima e prepare uma tabela e um gráfico para cana de açúcar (pixel linha – col 381, 1414), bio combustíveis (pixel linha – col 127, 1063) e reflorestamento (pixel linha – col 227, 1155). Você pode copiar a já criada tabela do café, para uma nova tabela chamada cana de açúcar “sugarcane”, selecionando a tabela “coffee” (clique sobre ela uma vez usando o botão esquerdo do mouse, e do menu principal ILWIS selecione “Edit > Copy Object to” e selecione a opção “New Name”, neste caso use como nome “Sugarcane”). Abra a tabela “sugarcane” e os dados podem ser coladas da área de transferência para as várias colunas.



**Figure 3.14 Gráficos de Séries Temporais de cana de açúcar, bio combustível, e reflorestamento**

Fica claro que os cultivos selecionados e o reflorestamento têm diferentes respostas temporais quando se usam os vários índices. Deve-se perceber que há notórios picos e baixas (dips) vales? nas séries temporais, que podem exigir passos adicionais de filtragem, já que esta resposta poderia estar relacionada ao pré-processamento dos dados. Pode-se então prosseguir na análise dos gráficos, isto deve ser feito com um bom conhecimento do calendário dos cultivos e a resposta normal (média) que se espera em função dele. Desvios podem ser facilmente identificados, tanto positivos (bom desempenho dos cultivos) quanto negativos (estresses durante o desenvolvimento dos cultivos). Outras informações climatológicas podem ser usadas para este propósito.

### **3.8. Conclusões**

Este exercício mostra a habilidade e o potencial de utilização dos dados difundidos via GEONETCast para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento baseado em informações de satélite e locais. De forma análoga, esta informação pode ser amplamente explorada e os resultados podem ser aplicados a vários setores, fornecendo dados que podem ser usados para quantificar parâmetros bioclimáticos e monitorar a sua evolução no tempo e no espaço, assim constituindo uma importante fonte de informação.

## REFERENCES

---

- Bartholomé, E. (Editor)(2006): VGT4Africa User Manual. EUR 22344 EN, Luxembourg, European Communities.
- Gao, F., C.B. Schaaf, A.H. StrahleR, Y. Jin, & X. Li. (2003): Detecting Vegetation Structure Using a Kernel-based BRDF model. *Rem. Sens. Environ.*, 86, 198–205, 2003.
- Jiménez-Muñoz, J. C., J. A. Sobrino, L. Guanter, J. Moreno, A. Plaza, and P. Martínez (2005): Fractional Vegetation cover estimation from PROBA/CHRIS data: Methods, analysis of angular effects and application to the land surface emissivity retrieval, in *Proc. 3rd Workshop CHRIS/Proba*, Frascati, Italy, 2005. CD-ROM.
- Norman, J.M.; Anderson, M.C.; Kustas, W.P.; French, A.N.; Mecikalski, J.; Torn, R.; Diak, G.R.; Achmugge, T.J. (2003). Remote Sensing of Evapotranspiration for Precision-Farming Applications. In: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 2003, Toulouse. Proceedings. IGARSS 2003 – Organizing Committee, p. 21-25.

## 4. ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

By: **Elizabeth Ferreira<sup>1</sup>, Antonio Augusto Aguilar Dantas<sup>2</sup>, Alfredo Gabriel Garcia<sup>3</sup>**

A Universidade de Lavras foi fundada em 1908 como Escola Agrícola de Lavras, em 1938 foi renomeada Escola de Agricultura de Lavras; foi federalizada em 1963 e em 1994 tornou-se a Universidade Federal de Lavras, UFLA. Desde então tem estado comprometida com fornecer e alimentar o desenvolvimento e expansão contínuos dos serviços à sociedade. A força e a grandeza da UFLA pode ser medida pela sua estrutura presente e perspectivas futuras. A instituição está organizada em 17 departamentos didático-científicos, que atuam em diferentes áreas do conhecimento. A UFLA prepara mais de 5600 estudantes nos seus 30 cursos de graduação (23 presenciais e 7 a distância). Há mais do que 1500 alunos de pós-graduação, distribuídos em 20 cursos de mestrado e 18 de doutorado. No programa de ensino a distância há mais de 5000 estudantes de todos os estados brasileiros e do exterior. As projeções da UFLA são de 15000 estudantes matriculados até o ano de 2012. Para obter mais informações veja: <http://www.ufla.br/en>.

### 4.1. Introdução

A evapotranspiração (ET) é o termo usado para descrever a quantidade de água efetivamente cedida da superfície da terra para a atmosfera. ET é uma componente importante do ciclo hidrológico, fazendo da sua quantificação precisa uma necessidade para o cálculo do balanço de água no solo, para a detecção de condições de estresse hídrico, para o uso como variável de entrada em modelos quantitativos de colheita, ou para outras aplicações. O censo de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) revelou que aproximadamente 5.2 milhões de estabelecimentos agrícolas ocupam 36,75% do território nacional (IBGE, 2006). Destes estabelecimentos, 6,3% reportaram o uso de irrigação, perfazendo um aumento de 39% com relação ao número averiguado no censo de 1995, significando ainda um aumento absoluto de 1.3 milhão de hectares. A área irrigada, 4.45 milhões de hectares (7,4% da área total), ocupada por cultivos temporários ou permanentes, conta com as seguintes formas de distribuição da água: 24% da área é irrigada por alagamento, 5,7% por sulcos, 18% por pivô central, 35% por método de aspersão, 7,3% por métodos localizados de fornecimento de água e 8,3% por outros métodos. Minas Gerais (586.528,293 km<sup>2</sup> e população de 20.595,499 pessoas) é o estado brasileiro com o maior número de estabelecimentos (48.39 mil) usando alguma técnica de irrigação. Desde o início de 2011 até agora foram identificados um total de 3789 pivôs centrais em Minas Gerais (Ferreira et.al. 2011). Um dos principais problemas da agricultura irrigada é a quantificação correta das necessidades hídricas das culturas. A estimativa da evapotranspiração a partir de dados de sensoriamento remoto é uma forma possível para se fazer esta quantificação, especialmente para grandes áreas, já que os métodos tradicionais que utilizam informações meteorológicas coletadas em solo são capazes de representar apenas pontos no espaço geográfico.

---

<sup>1</sup> UFLA (Federal University of Lavras), P.O. Box 3027 Lavras, MG, CEP 372000-000, Brazil.

(Corresponding author) e-mail: [bethf@deg.ufla.br](mailto:bethf@deg.ufla.br)

<sup>2</sup> UFLA (Federal University of Lavras)

<sup>3</sup> INTA (Remote Sensing Institute Argentina)

## 4.2. Objetivo da Aplicação

O objetivo desta aplicação é estimar a Evapotranspiração (ET) diária usando o Modelo de Sistema de Balanço Energético de Superfície (Surface Energy Balance System, SEBS, Model) para conhecer o padrão de ET sobre áreas irrigadas por pivôs, no estado de Minas Gerais, Brasil, usando ILWIS e a caixa de ferramentas de GEONETCast, com dados obtidos via GEONETCast e DevCoCast.

## 4.3. Metodologia

Primeiramente é apresentada uma breve revisão sobre o Modelo SEBS. Su (2002) indica que o SEBS exige como entrada três conjuntos de informações. O primeiro conjunto consiste no albedo da superfície terrestre, a emissividade, temperatura, fração da cobertura vegetal, índice de área foliar, e a altura da vegetação (ou a altura de rugosidade). Quando a informação sobre a vegetação não está explicitamente disponível, o NDVI pode ser usado como substituto. Estes dados de entrada podem ser derivados de dados de sensoriamento remoto em conjunção com outras informações sobre a superfície e interesse. O segundo conjunto de informações inclui a pressão do ar, temperatura, umidade e velocidade do vento a uma altitude de referência, e pode ser extraída de um modelo meteorológico de grande escala. Para aplicações pontuais, esta altitude de referência é o da medida dos parâmetros meteorológicos, já para aplicações regionais é a altura da camada limite planetária. O terceiro conjunto de dados inclui a radiação solar descendente, e a radiação de onda longa descendente, que podem ser medidas diretamente, obtidas através de rodadas de modelo ou por meio de outro tipo de parametrização.

De acordo com Su et.al. (2005), o Modelo SEBS (Su 2002) foi desenvolvido para estimar os fluxos de energia de superfície e a fração evaporativa usando dados de sensoriamento remoto em conjunto com informações meteorológicas em escalas que dependem dos dados de entrada. SEBS consiste em vários módulos separados para estimar a radiação líquida e o fluxo de calor no solo, e para particionar a energia disponível (RN-G0) em fluxos de calor sensível e latente, como apresentado na equação 1:

$$R_n - G_0 = H + \lambda E \quad (\text{eq 1})$$

Where: Rn: a radiação líquida;  
 G0: o fluxo de calor no sol;  
 H: o fluxo de calor sensível;  
 $\lambda E$ : o fluxo de calor latente.

SEBS estima a radiação líquida com base no balanço radiativo. O outro componente envolvendo a energia disponível é o fluxo de calor no solo. Na ausência de medidas diretas do fluxo de calor no solo, como em aplicações de satélite ou em escala grande ou regional, formulações empíricas, baseadas na radiação líquida e na fração de vegetação, são usadas para estimar o fluxo total de calor no solo para a área. A variável remanescente independentemente estimada pelo SEBS é o fluxo de calor sensível (H), resolvido usando uma combinação de três equações usando a velocidade do vento e a velocidade de atrito. No SEBS, o modelo das saídas de calor sensível e latente é também limitado pela consideração de condições de seca-limite e umidade-limite, que dão os limites superior e inferior da estimativa do fluxo de calor sensível. Maiores detalhes sobre as técnicas usadas para separar os fluxos de calor sensível e latente da energia disponível podem ser encontrados em Su (2002). O Modelo SEBS está implementado no ILWIS e no BEAM (Wang et.al., 2008). A versão utilizada aqui para o plug-in ILWIS SEBS é a 1.1. Note que informações adicionais sobre SEBS também estão disponíveis a partir do menu principal do ILWIS> Selecione a opção "Help" e selecione "SEBS Help".

## 4.4. Dados de entrada

### 4.4.1. Dados locais / regionais (in-situ)

Os dados de entrada (in-situ) para o modelo SEBS são: a média diária dos ventos a 2m (m/s), a razão de mistura (kg/kg), a temperatura diária (oC), a radiação solar líquida na superfície do cultivo (W/m2). Estes dados são obtidos de estações meteorológicas de superfície, localizadas nos seguintes municípios mineiros: Araçuaí, Araxá, Bambuí,

Barbacena, Belo Horizonte, Poços de Caldas, Cambuquira, Capinópolis, Caratinga, Cataguases, Conceição do Mato Dentro, Coronel Pacheco, Curvelo, Diamantina, Espinosa, Florestal, Governador Valadares, Ibité, Itamarandiba, Januária, João Monlevade, João Pinheiro, Juiz de Fora, Lavras, Machado, Montes Claros, Oliveira, Passa Quatro, Patos de Minas, Pedra Azul, Pirapora, Pompeu, Salinas, São João del-Rei, São Lourenço, Sete Lagoas, Teófilo Otoni, Uberaba and Viçosa. Estes dados foram extraídos do CD “Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990”. Os arquivos locais e regionais específicos necessários para este exercício são listados abaixo:

- **DEM** (obtido de [http://eros.usgs.gov/#/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/gtopo30\\_info](http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/gtopo30_info)):  
GTOPO30\_Minas (camada de mapa do ILWIS)
- **Dadis Climáticos** (CD encomendado de <http://www.inmet.gov.br/>):  
Station\_MG.txt
- **Fronteiras** (obtidas de <http://www.geominas.mg.gov.br/>):  
Fronteira (ILWIS map layer)  
Municipalidades (camada de mapa do ILWIS)  
pivots\_MG (camada de mapa do ILWIS) (dos autores)

#### 4.4.2. Dados do GEONETCast-DevCoCast

Os produtos GEONETCast-DevCoCast são obtidos do LSA SAF para a janela da América do Sul. Os produtos são: albedo, DSSF, LAI, LST, FVC, e o produto diário de Evapotranspiração. Por fim, o SPOT Vegetation S10 Maximum Value Composite NDVI foi obtido do DevCoCast. Os arquivos necessários para este exercício estão listados abaixo:

- **Produtos Landsaf** (obtidos de <https://landsaf.meteo.pt/>):  
S-LSA\_-HDF5\_LSASAF\_MSG\_ALBEDO\_SAmE\_201005020000.bz2  
S-LSA\_-HDF5\_LSASAF\_MSG\_FVC\_SAmE\_201005020000.bz2  
S-LSA\_-HDF5\_LSASAF\_MSG\_LAI\_SAmE\_201005020000.bz2  
S-LSA\_-HDF5\_LSASAF\_MSG\_DSSF\_SAmE\_201005021500.bz2  
S-LSA\_-HDF5\_LSASAF\_MSG\_LST\_SAmE\_201005021500.bz2  
ET\_Minas\_geo (ILWIS map layer)
- **Produto SPOT Vegetation** (obtido de <http://www.devcocast.eu/>):  
V2KRNS10\_\_20100501\_NDVI\_\_S-America.ZIP

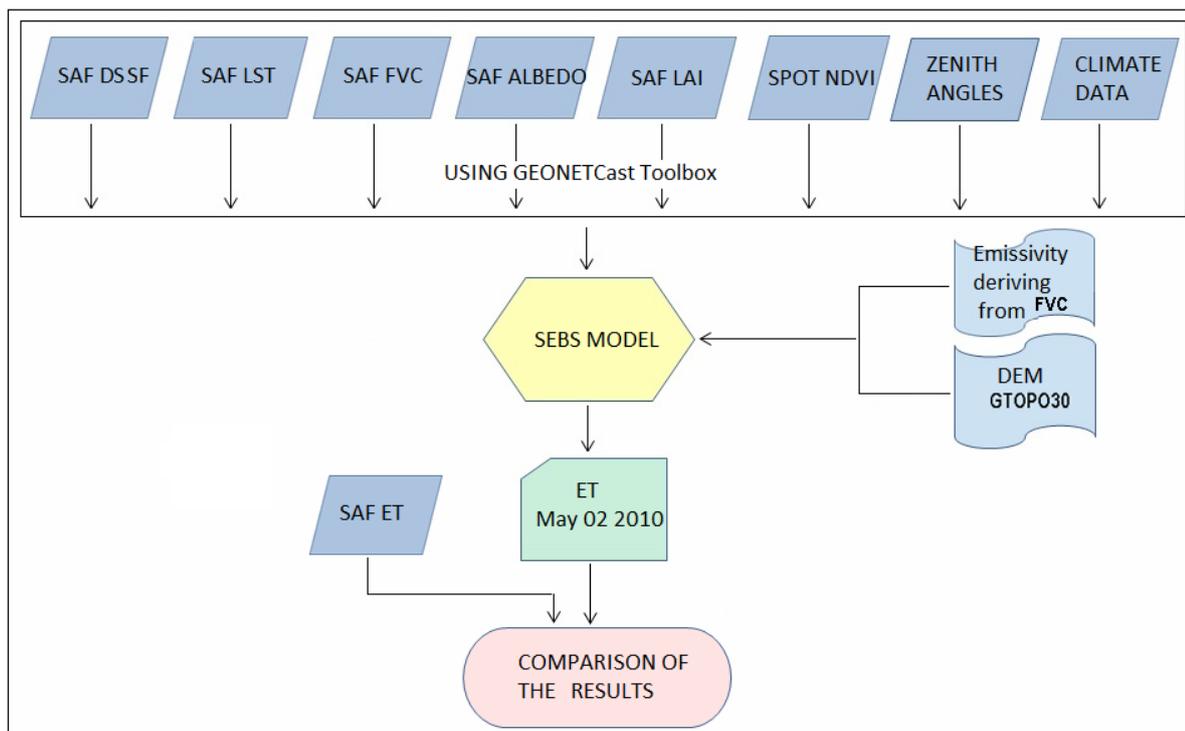
## 4.5. Análise dos dados

Para avaliar a variação espacial da evapotranspiração usando o algoritmo SEBS, os dados de 02 de Maio de 2010 são analisados. Os dados primários foram baixados dos provedores GEONETCast-DevCoCast. Os outros produtos usados aqui foram também obtidos da internet (DEM, NDVI e LSA SAF) e de CDs com dados climatológicos de estações de superfícies brasileiros. Um fluxograma descrevendo os passos de (pré-) processamento do aplicativo é mostrado na figure 4.1.

### 4.5.1. Passos de pré-processamento dos dados necessários

Garanta que você descompactou o exercício e mova o navegador de ILWIS para o seu diretório de trabalho ativo. Você perceberá que há dois sub-diretórios, “gnc\_data” e “lst”. O primeiro contém dados brutos de GEONETCast-DevCoCast, o segundo contém uma base de dados de Temperatura da Superfície do Solo. Feche e reabra o ILWIS para garantir que as opções de diretório estão corretas. Você pode olhar os dados disponíveis nesta pasta, abrir alguns dos mapas e olhar o seu conteúdo.

Agora, a partir do menu do ILWIS, garanta que o plug-in da caixa de ferramentas do GEONETCast esteja instalada, abra “Geonetcast” => “toolbox”, selecione a opção “Configuração” e “Pastas”. Agora selecione as opções de pasta para “SPOT VGT4 Latin America”, defina as pastas de entrada e saída apropriadas, note que a pasta de entrada é o seu diretório de trabalho ativo e adicione aqui o sub-diretório “\gnc\_data”. Repita este procedimento e especifique a configuração apropriada da pasta para os produtos “SAF South America”.



**Figure 4.4 Fluxograma mostrando os passos principais para derivar a ET usando modelo SEBS no ILWIS e o GEONETCast toolbox**

#### 4.5.1.1. Importação de produtos LSA SAF

Do menu principal de “GEONETCast” e “Toolbox” selecione “Satellite Application Facility (SAF)”, “South America” e “Albedo” para importar o produto de Albedo de Superfície. Digite a data apropriada obedecendo ao formato pré-definido “201005020000”. Repita estes passos para importar outros produtos SAF (DSSF, FVC, LAI e LST). Observe que, para importar a data de DSSF e LST o formato é “201005021500”. Verifique os dados importados resultantes, abra-e e passe sobre os mapas o cursor do mouse com o botão esquerdo pressionado. Como representação use “Pseudo”, para o albedo use DSSF, e para LAI, FVC e LST use respectivamente as representações “lai\_SAF”, “fvc” e “lst”. Você notará que há muitos valores “sem dados” para o mapa “lst”, provavelmente devido à cobertura de nuvens. Como está é uma importante camada de entrada para o SEBS, atenção adicional precisa ser dada a este mapa. A resolução temporal deste produto é de 15 minutos e podemos processar séries de dados mais longas para obter um mapa de temperatura da superfície do solo melhor, usando mais “time stamps”. Para conduzir esta importação multi-temporal você aplicará uma rotina de “batch looping”. Para mais explicações sobre o processo veja Maathius et.al. (2011). Usando o navegador ILWIS vá para o subdiretório “\lst”, você verá vários “service objects” do ILWIS, usados para georeferenciamento. Feche o ILWIS a partir deste subdiretório. Com o Windows Explorer navegue para o subdiretório “\lst” e descompacte o arquivo “lst.zip”, usando a opção “extract here”. Uma vez completada esta operação, verifique o intervalo temporal dos dados de lst, note que o “time stamp” é em UTC (hora local = UTC – 3 horas)! Clique com o botão direito no arquivo “multi\_lst\_start.bat” e, do menu sensível a contexto selecione “Edit”. Inspeccione a linha de comando “batch” fornecida e feche o arquivo. Agora selecione um segundo arquivo “batch”, chamado de “multiSame\_1stimport.bat”, novamente selecione “Edit” do menu sensível a contexto. Agora modifique os “strings” de nomes de diretórios neste arquivo “batch” e especifique os caminhos corretos para a localização do ILWIS no seu sistema (veja as linhas 7 a 9). Depois que o diretório correto tiver sido especificado para estas três linhas no arquivo “batch”, selecione dos editores de texto no menu principal as opções “File” e “Save”. Feche o editor de texto. Agora clique duas vezes com o seu mouse no primeiro arquivo de “batch” “multi\_1st\_start”. A importação multi-temporal do primeiro produto tem início e todos os arquivos SAF-1st são importados. Uma vez completa a rotina de “batch”, comece o ILWIS novamente e navegue ao subdiretório “\lst”. Abra um dos “1st” mapas importados e use como “Representation” “1st”. Agora você calculará a temperatura média da superfície do solo para este período de tempo. Para fazer isso, do menu principal do ILWIS selecione a opção

“File => Create => MapList” e adicione todos os mapas. Usando o ícone “>”, especifique um nome apropriado para a “Map List”, como “1st\_time” e pressione “OK” para executar a operação. Primeiramente, todos os valores “no data” serão redefinidos como 0. Para isto selecione no menu principal do ILWIS a opção “Operations => Raster Operations => MapList Calculation”, como “map list” de entrada use “1st\_time” (apenas 1 “map list” de entrada). Como “Expression” digite:

```
ifundef(@1,0.00)
```

Especifique como “map list” de saída “1st\_time0” e pressione “Show”. Depois de terminados os cálculos, abra um dos novos mapas criados e verifique o resultado, todos os valores “no data” foram redefinidos como “0.00”. Clique com o botão direito no “map list” “1st\_time0”, selecione do menu sensível a contexto a opção “Statistics => MapList Statistics”, como função estatística selecione “Sum” e especifique como nome do mapa de saída “1st\_sum”, pressione “Show” para executar o comando. Repita este procedimento e selecione como função estatística a opção “Count”, mas agora use como mapa de entrada a série temporal original, chamada “1st\_time”, chama o mapa de saída de “1st\_count”. Note que este mapa dá o número de eventos que receberam um primeiro valor apropriado na série de dados temporais! Agora calcule a média “1st” digitando a seguinte expressão na linha de comando do ILWIS:

```
1st_avg:=1st_sum_1st_cont
```

e use todas as opções “default”. Verifique esta mapa de saída. Clique com o botão direito do mouse no nome do mapa “1st\_avg” e, do menu principal do ILWIS, selecione a opção “Edit => Copy Object to”, selecione a opção “Novo Diretório” e copie este arquivo para o seu diretório principal de trabalho ativo, usado para extrair todos os outros dados SAF. Use o navegador do ILWIS para voltar ao seu diretório de trabalho principal

#### 4.5.1.2. Importação de produtos de SPOT Vegetation

Do menu principal de “GEONETCast” and “Toolbox” selecione “SPOT VGT4 Products”, “SPOT VGT4 Latin America”, e finalmente selecione “NDVI”. O formato de data a ser utilizado é “20100501”. Abra o mapa “ndvi20100501” e use como “Representation” “NDVI1”, passe o cursor do mouse sobre o mapa com o botão esquerdo pressionado e inspecione os valores. Note também que um mapa de status é criado. Este mapa será usado para selecionar apenas aqueles pixels que satisfazem os seguintes critérios: livre de nuvens, pixel terrestre e tendo boa radiometria nos canais do vermelho e do infra-vermelho. Para mais explicações sobre o procedimento, veja também Maathius et.al. (2011). Digite a seguinte formula de cálculo de mapa na linha de comando do menu principal do ILWIS:

```
Status_ok:=iff((((ndvi20100501_SM div 1)mod 2)+(( ndvi20100501_SM div 2)mod 2)=0) and
(((ndvi20100501_SM div 8)mod 2)+((ndvi20100501_SM div 32)mod 2)+((ndvi20100501_SM div 64)mod
2)=3),1,0)
```

Deixe todas as outras opções em “default” e execute a operação. Inspecione o mapa resultante e agora aplique a máscara, exibindo os pixels que satisfazem os critérios de seleção, ao mapa de NDVI, entrando com o seguinte texto na linha de comando do menu principal do ILWIS:

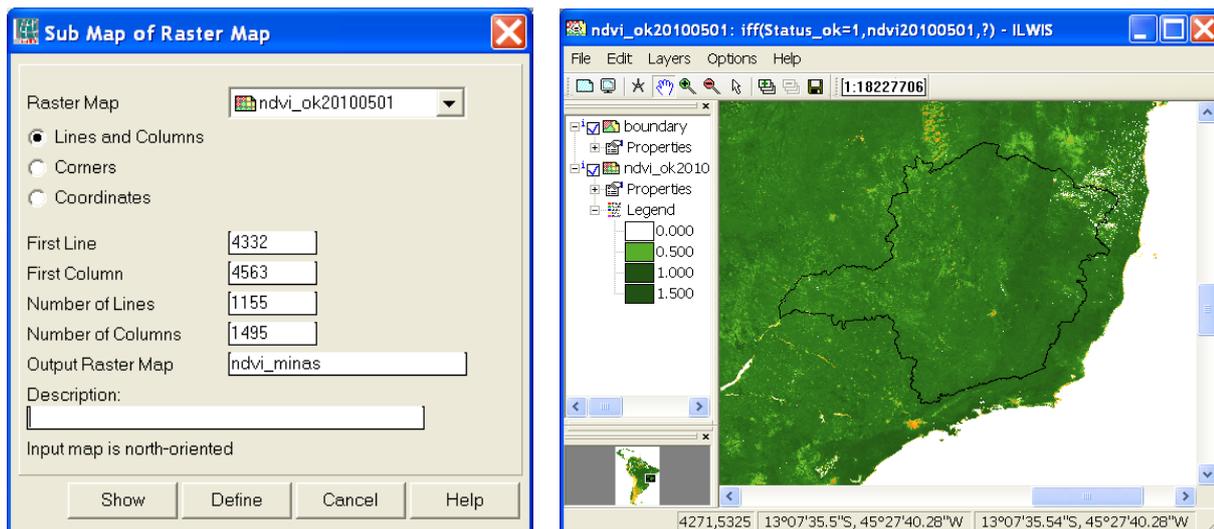
```
ndvi_ok20100501:=iff(Status_ok=1,ndvi20100501,?)
```

Novamente, use as opções “default” para todas as outras configurações e execute a operação, verifique os resultados, use como “Representation” “NDVI1”.

#### 4.5.1.3. Submapa de Minas Gerais e reamostragem de outros mapas

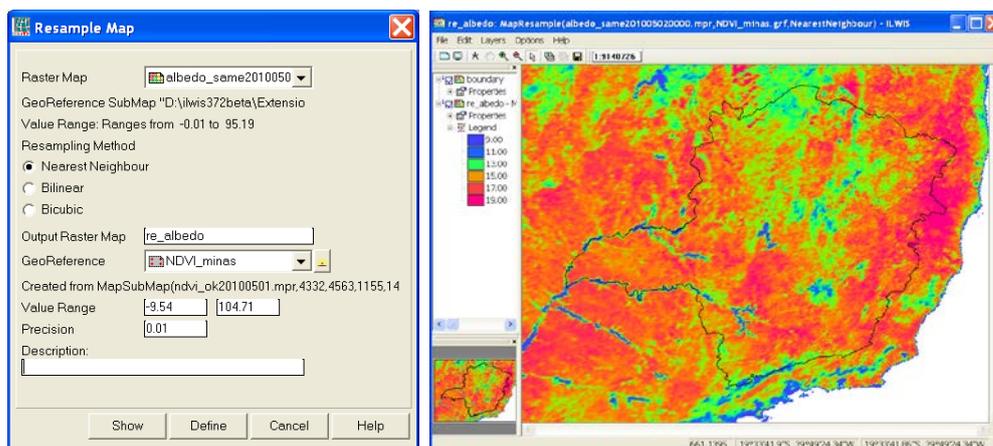
Com o “ndvi\_ok20100501” ativo e usando a opção “Layer” adicione a opção “boundary”. Abra, do menu principal do ILWIS “Operations”, “Spatial Reference Operations”, “Raster” e “Sub Map”. Crie o sub mapa de Minas Gerais, usando as configurações da figura 4.2 (figura à esquerda).

Para aplicar o SEBS, é importante que todos os mapas estejam na mesma projeção/sistema de coordenadas, mesmos dados e mesma resolução espacial. Reamostre todos os outros produtos importados usando a georeferência do Sub Mapa NDVI de Minas Gerais. Os mapas serão transformados para um sistema de coordenadas latlon, “Plate Carree”, latlon coordinate system, o dado WGS 84 e elipsóide e resolução espacial do produto de SPOT VGT4 utilizado (aqui 0.0089285714, ou 112 pixels por grau).



**Figura 4.2** Criando um sub mapa do SPOT VGT4 NDVI p/ o Est. de Minas Gerais e detalhes do sub map

Para reamostrar os produtos LSA SAF e modelo de elevação digital GTOPO30\_MINAS, siga as instruções abaixo: primeiro clique com o botão direito do mouse sobre o mapa que deseja reamostrar e escolha “Spatial Reference Operations => Resample”. Para definições de reamostragem selecione as especificações dadas na figura 4.3. Repita este procedimento para reamostrar também outros mapas, como Albedo, LST\_avg, LAI, DSSF, FVC e GTOPO30\_minas. Aqui o prefixo para nome de arquivo usado para os mapas reamostrados de saída é “re\_”.



**Figure 4.3** Configurações para a Reamostragem e o sub mapa resultante de Albedo

#### 4.5.1.4. Mudança de Unidades para LST e ALBEDO dos Sub Mapas de Minas Gerais

Tome um cuidado especial com os passos a seguir, porque são necessários para rodar o SEBS e derivar a ET. As unidades de LST precisam ser trocadas de Celsius para Kelvin e, para o mapa de Albedo, de porcentagem para razão.

Para fazer isto, para o submapa de Minas Gerais (re\_1st) digite a seguinte expressão ILWIS na linha de comando:

```
re_lst_kelvin:=re_lst+273.15
```

Mantenha todas as outras opções como “default” e pressione “OK” para executar a operação. Para mudar as unidades do submapa de Albedo (re\_Albedo), de porcentagem para razão, digite a seguinte expressão na linha de comando do ILWIS:

```
re_albedo_ratio:=re_albedo*0.01
```

Mantenha todas as outras opções em “default” e pressione “OK” para executar as operações. Verifique os resultados das operações.

#### 4.5.1.5. Cálculo da Emissividade, Ângulo Zenital Solar e derive a radiação descendente

Para calcular a emissividade, de acordo com o procedimento descrito em Valor e Caselles (1996), digite a seguinte expressão na linha de comando do ILWIS:

$$\text{re\_emis}:=0.985*\text{re\_fvc}+0.96*(1-\text{re\_fvc})+0.015$$

Mantenha as outras opções em “default” e pressione “OK” para executar as operações. Verifique o mapa resultante. Do menu principal do “GEONETCast” e “Toolbox” selecione a opção “Calculate MSG Angle”, “Calculate solar and satellite Zenith angle maps for MSG field of view” e digite, para o ano de 2010, “Month 05”, “Day 02” e hora “(UTM)=15.00”. Certifique-se de que o diretório de saída foi adequadamente atribuído! O mapa resultante, chamado de “sol\_zenres”, deve ser reamostrado usando a georeferência do submapa de NDVI (ndvi\_minas). Os seus resultados devem assemelhar-se aos da figura 4.4.

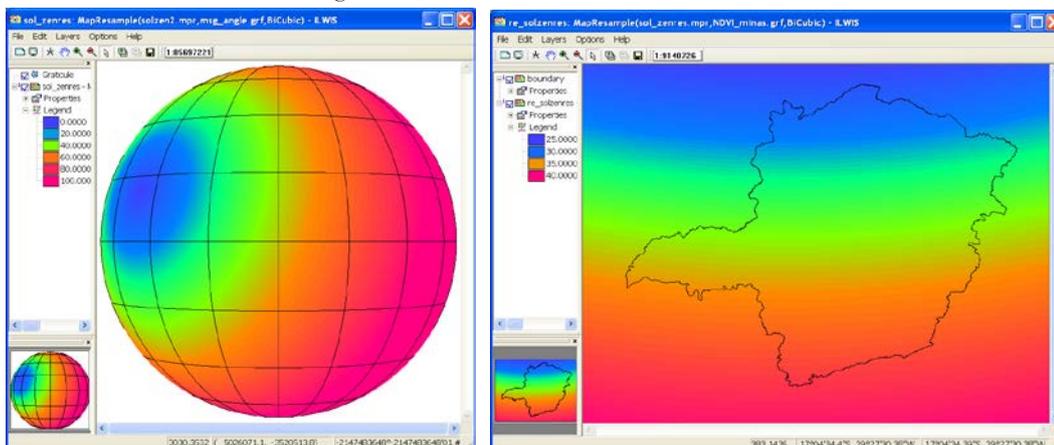
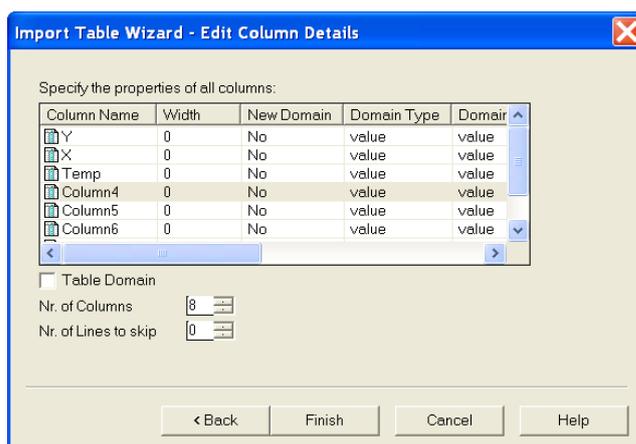


Figure 4.4 Ângulo Solar Zenital do MSG para o disco completo para o reamostrado para a georeferência de Minas Gerais

A radiação solar descendente pode ser espacialmente representada por um mapa, e.g. usando o produto DSSF, ou por um valor único. Nesse caso é derivado o valor único de 623 W/m<sup>2</sup> sendo o valor meio obtido da estação meteorológica de superfície no estado de MG às 15:00h. dados obtidos de: [http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/historico/consulta\\_pcda.jsp](http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/historico/consulta_pcda.jsp)). Observe que o horário UTC de 15 horas corresponde a 12 horas do horário local. 02 de maio corresponde ao número Juliano do dia 122 (soma dos dias de um dado ano, começando de 1º de janeiro: 31+28+31+30+2). Observe que você já importou e reamostrou previamente o produto DSSF!

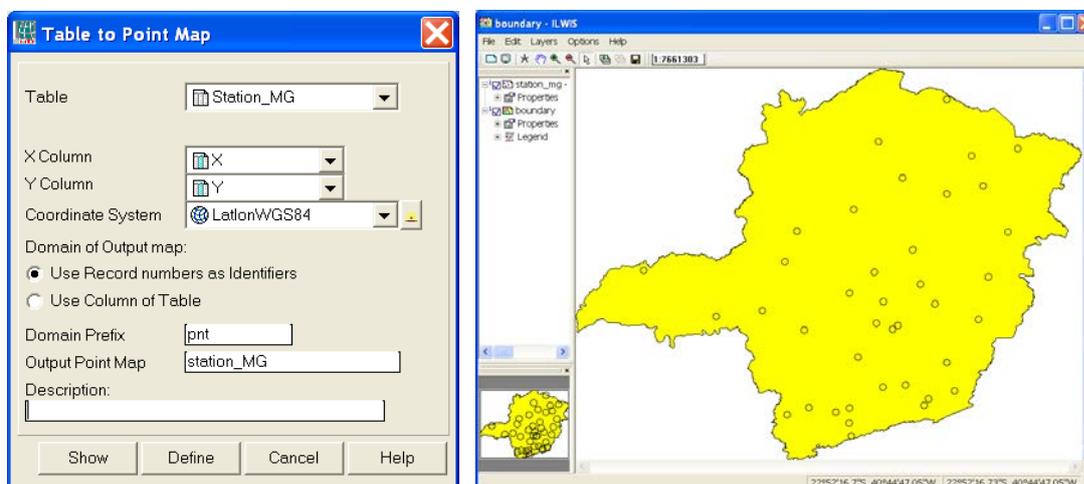
#### 4.5.2. Importação de Tabela e processamento de dados in situ

Do menu principal do ILWIS selecione “File => Import => ILWIS => Table => Space delimited”. Escolha como arquivo de entrada “Station\_MG.txt” e “Station\_MG” como arquivo de saída. Pressione “OK” e “Next” para continuar a importar dados, clique duas vezes e digite o nome apropriado de cada coluna, nas linhas da primeira coluna na janela “Edit column detail”: Y (coluna1), X (coluna2), Temp (coluna3), HumidityRel (coluna4), Pressão (coluna5), Mix\_ratio (coluna6), Ins\_hrs (coluna7) e Windspeed (coluna8). Faça a edição de todos os nomes de colunas e pressione “OK” para importar a tabela. A janela “Edit column detail” é também dada na figura 4.5 e a tabela importada resultante é apresentada no apêndice 1.



**Figura 4.5** Editando a Primeira Coluna de cada linha com o nome apropriado da coluna

Selecione do menu principal do ILWIS “Operations => Table Operations => Table to point map”. Especifique configurações idênticas as dados no painel esquerdo da Figura 4.6 e pressione “Show”. Para ver o “point map” resultante com a distribuição das estações climatológicas de superfície do INMET, abra o “vector map” “boundary”, usando configurações padrão, selecione “Add layer” no menu da janela do mapa e selecione o “point map” “station\_MG”.



**Figura 4.6** Tabela para indicar a conversão de mapa e a distribuição de estações de terra do INMET

Como pode ser visto na tabela importada mostrando observações climatológicas, quase não há diferença para as colunas “Ins\_hrs” e “Mix\_ratio”. O valor médio para estas variáveis seria uma boa aproximação para a área como um todo. Para as colunas “Windspeed”, “Pressure” e “Temp” ocorre uma variação maior. Isto pode ser representado espacialmente se houver uma correlação com a elevação.

Para determinar se existe correlação, primeiro transforme o “point map” em formato raster, clique com o botão direito na “station\_MG” do point map, selecione, do menu sensível a contexto, a opção “Rasterize => Point Map to Raster”, use como georeferencia “NDVI\_Minas” e deixe as outras opções na configuração padrão fornecida, pressione “Show” e “OK”. Olhe com cuidado, se necessário amplie o local, já que as estações são representadas por um único pixel! O próximo passo é cruzar as informações do “point map” com o modelo de elevação, neste caso o GTOPO30 DEM reamostrado (veja novamente a seção 4.5.1.3), aqui chamado “re\_topo30”.

Selecione do menu principal do ILWIS “Operations => Raster Operations => Cross”, como primeiro mapa selecione “re\_topo30” e como segundo, selecione do mapa “station\_MG”, pressionando o sinal de “+” a frente do mapa, a coluna “Temp”. Como tabela de saída especifique “dem\_temp” e pressione “Show”. Abra a tabela do menu de tabela ativo, selecione “Columns => Statistics” e selecione a função “Correlation”, note a atribuição da coluna e

pressione “OK”. Note que há uma correlação considerável entre as variáveis de elevação e temperatura ( $R=0.757$ ). Do menu da tabela selecione “Column”, “Least Squares”, para a coluna X selecione “re\_gtopo30” e para a coluna Y selecione “map2” (representando a variável Temp), especifique como saída a coluna “dem2temp”. Use como função “polynomial”, como “Nr. Of terms” selecione “2” e pressione “OK” para executar a operação. Na janela de propriedades da coluna selecione a opção “Additional Info”, aqui é dada a função que precisa ser usada posteriormente para transformar o mapa de elevação para temperatura. Anote a equação e pressione “OK” para fechar a janela, deixando as demais opções na sua configuração padrão, pressione “OK”. Uma nova coluna, chamada “dem2temp” é agora adicionada à tabela. Verifique os resultados obtidos na tabela. Repita o procedimento para obter a relação entre o modelo de elevação gtopo\_30 e verifique a nova coluna “pressure” da tabela “station\_MG”.

Transforme o modelo de elevação re-gtopo30 em temperatura do ar (em graus Celsius) e altura de referência de pressão (uma altura de + 2 metros é usada em SEBS, em PA) usando as equações a seguir (que você derivou nos passos anteriores) digitando as expressões na linha de comando do ILWIS:

```
re_air_temperature:=24.096+-0.006*re_gtopo30
```

Mantenha todas as outras opções na sua configuração padrão e pressione “OK” para executar a operação. Repita a operação para derivar a “pressão de referência” digitando a expressão a seguir na linha de comando do ILWIS:

```
re_pressure_reference:=100355.628+-9.175*re_gtopo30
```

Mantenha todas as outras opções na configuração padrão e pressione “OK” para executar a operação. Para derivar a pressão à superfície usa-se uma temperatura média diária do ar de 20 graus Celsius, correspondendo a um aumento de pressão de 23 Pa para uma diferença de 2 metros, já que é assumida uma Altura de Referência de 2 metros durante a coleta dos dados de campo. Para obter a pressão à superfície digite a seguinte expressão na linha de comando do ILWIS:

```
re_pressure_surface:=re_pressure_reference+23
```

Mantenha todas as outras opções na sua configuração padrão e pressione “OK” para executar a operação. Verifique os resultados obtidos, usando “Pseudo” como representação.

Para obter uma representação espacial da velocidade do vento é necessária outra abordagem, já que não há correlação com o modelo de elevação. Selecione do menu ILWIS a opção “Operations => Interpolation => Point Interpolation => Moving Average”. Escolha a coluna “windspeed” do “point map” “Station\_MG” (pressione o sinal de “+” em frente ao mapa de pontos e selecione a coluna apropriada), use a opção “Inverse Distance” como “Weight Function”, mantenha a opção padrão “Weight Exponent” como “1” e selecione a opção “Use Spherical Distance”. Especifique como “Output Raster Map” “re\_windspeed” e selecione a georeferência “ndvi\_minas”, pressione “Show” para executar a operação. Verifique os resultados obtidos, use “Pseudo” como representação. Corrija o mapa de velocidade do vento obtido para representar esta velocidade à superfície usando o fator de correção. Digite a seguinte expressão do ILWIS na linha de comando:

```
Re_windspeed_cor:=re_windspeed*0.75
```

Mantenha todas as demais opções na sua configuração padrão e pressione “OK” para executar a operação. Verifique os resultados obtidos, use a representação “Pseudo”.

#### 4.6. Executando o SEBS no ILWIS

Depois de todo este pré-processamento você agora pode executar o SEBS. Selecione “Operations”, “SEBS Tools” e “SEBS” do menu principal do ILWIS. Veja também a figura 4.7, indicando todos os mapas de entrada necessários para rodar o “plug-in” do SEBS. Certifique-se de que todos os mapas de entrada estão corretamente especificados, assim como os valores individuais que representam os diversos parâmetros do modelo. Note que você pode executar o SEBS duas vezes, a primeira com um valor de “Instantaneous Downward Solar Radiation Value” de “623 W/m<sup>2</sup>” and for a second run, active the check box in from the “Inst. Downward Solar Radiation Map (W/m<sup>2</sup>)” e a segunda usando como entrada o mapa DSSF reamostrado, aqui chamado de “re-dssf”. A Figura 4.8 mostra os resultados diários de evapotranspiração do SEBS em mm/dia para ambas as rodadas.

Uma vez que o SEBS tenha terminado os seus cálculos, selecione o mapa “SEBS\_Daily\_Evap”, quando o SEBS for iniciado novamente um novo mapa diário de evaporação será produzido, chamado “SEBS\_Daily\_Evap\_1”. A linha de comando do SEBS pode ser obtida do histórico destas linhas de comando, pressionando-se o botão

correspondente. A linha de comando dado como exemplo abaixo é resultado das especificações dadas no formulário de entrada exibido na figura 4.7. Se pequenas modificações precisarem ser implementadas, os parâmetros podem ser facilmente substituídos na própria linha de comando, sem que seja necessário preencher todo o formulário:

```
sebs.mpr=MapSEBS(re_lst_kelvin,re_emis,re_albedo_ratio,ndvi_minas,1,re_lai,1,re_fvc,1,re_solzen,0,1,re_gtopo30,0,1,122,0,0,2,1000,0,,0.0109,1,Re_windspeed_cor,2,1,re_air_temperature,25,1,re_pressure_referene,100000,1,re_pressure_surface,100100,39.2,1,623,0,nomap,0,nomap,0,nomap,0,nomap,0,,20,0,,7)
```

Note que, para a umidade específica, foi utilizado o valor médio da coluna “Mix\_ratio”, da tabela “station\_MG” e aplicada a seguinte equação: umidade específica em kg/kg = mix\_ratio/(1+mix\_ratio), ou 0.011/(1+0.011). O valor médio de horas diárias de insolação é extraído dos dados climatológicos apresentados na tabela “station\_MG”, sendo aproximadamente 7 horas.  $KB^{-1}$  é o número de Stanton invertido, um coeficiente adimensional de transferência de calor, e pode ser mantido no valor padrão. Exiba os seus resultados SEBS usando a representação “sebs\_ET” disponível no seu diretório de trabalho principal. Os seus resultados devem corresponder aos dados na Figura 4.8 abaixo. Inspeção os seus valores diários de ET obtidos (em unidades de mm/dia).

Figura 4.7 Tela de entrada de dados do SEBS no ILWIS

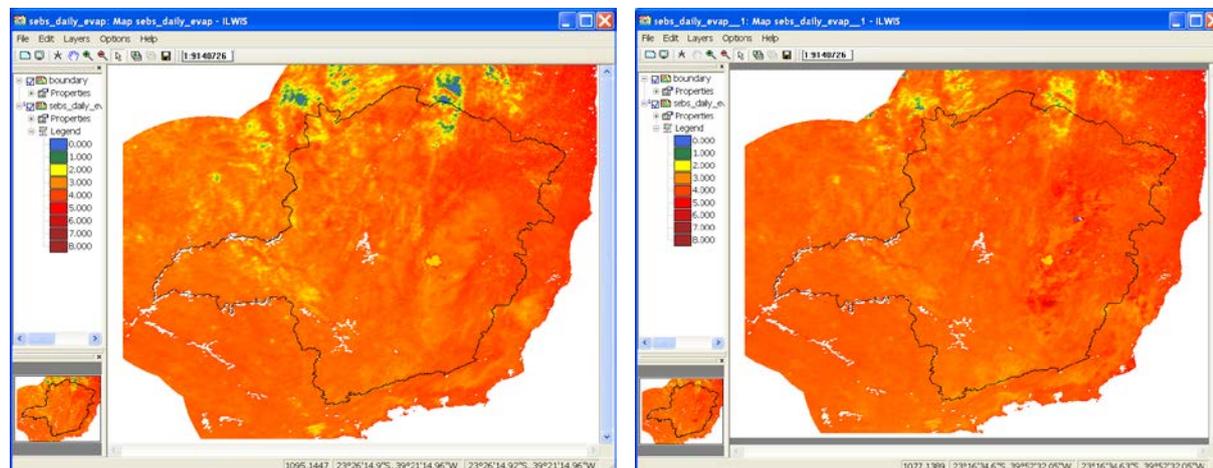


Figura 4.8 SEBS ET diário (mm/dia), usando único valor de radiação solar descendente (à esquerda) e mapa LSA SAF DSSF (à direita)

#### 4.7. Derivação de informações estatísticas agregando o estado de Minas Gerais e área pivô central

Agora você usará os resultados de evapotranspiração diária do SEBS (`sebs_daily_evap`) para extrair a informação para todo o estado de Minas Gerais e para cada área pivô central. Para obter as informações para o estado de Minas apenas exiba primeiramente o mapa “SEBS\_Daily\_Evap” e adicione a camada vetorial (vector layer) “boundary”. Nas opções de exibição de “*add layer*” deselectione a opção “*Info*” e ative a opção “*Boundaries only*”.

Converta o arquivo de polígono “boundary” a um formato raster selecionando do menu principal do ILWIS as opções “Operations => Rasterize => Polygon to raster”. Na janela “Polygon to raster” selecione a camada vetorial “boundary” e selecione a georeferência “NDVI\_Minas”. Como mapa de saída digite “boundary” e pressione “Show” e em seguida “OK”, para ver o recém criado mapa raster “boundary”.

Agora mascare os dois mapas de ET criados com o SEBS usando o mapa raster “boundary”. Digite a seguinte expressão na linha de comando do ILWIS:

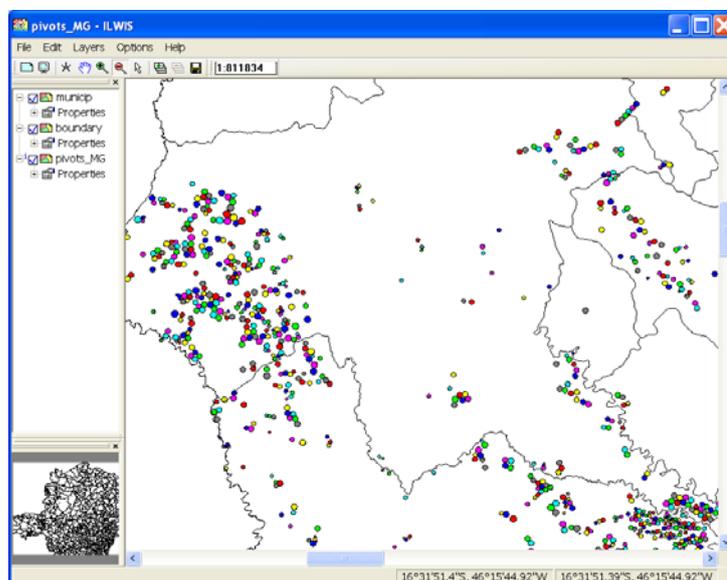
```
sebs1_mask:= iff(boundary="1",sebs_daily_evap,?)
sebs2_mask:= iff(boundary="1",sebs_daily_evap_1,?)
```

Mantenha todas as outras opções nas suas configurações padrão e pressione “OK” para executar a informação. Verifique os resultados obtidos, use a representação “sebs\_ET”. Para obter algumas estatísticas gerais, clique com o botão direito no mapa “sebs1\_mask” e selecione do menu sensível a contexto as opções “Statistics => Histogram” e pressione “Show”. Repita o procedimento também para o mapa “sebs2\_mask” e verifique e compare os seus resultados.

Outra forma de obter resultados estatísticos é classificar o intervalo contínuo de dados em classes definidas pelo usuário. Para isto um domínio é utilizado. Clique duas vezes no domínio “sebs\_cl” e tome nota das classes que definidas. Do menu principal do ILWIS selecione a opção “Operations => Image Processing => Slicing” e especifique como mapa raster “sebs1\_mask” e como mapa raster de saída “sebs1\_mask\_cl” e selecione do menu sensível a contexto as opções “Statistics => Histogram” e pressione “Show”.

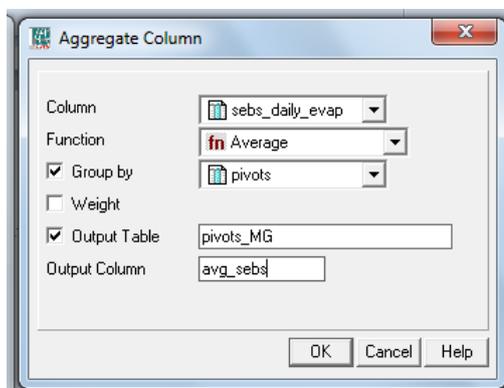
Repita o procedimento de classificação também para o mapa “sebs2\_mask”, verifique e compare os resultados.

Para obter as informações de ET para cada pivô central, é disponibilizado um mapa de polígonos “pivots\_MG”. Em primeiro lugar exiba o mapa vetorial “boundary” e adicione as camadas “pivots\_MG” e “municip”, veja também a figura 4.9. Converta o mapa poligonal “pivots\_MG” ao formato raster, selecione no menu principal do ILWIS “Operations => Rasterize => Polygon to Raster”. Como nome do raster de saída, digite “pivots\_MG” e como georeferência use “ndvi\_minas”.



*Figura 4.9 Detalhe de Mapa mostrando várias camadas de vetores de áreas irrigadas por pivôs centrais*

Para obter uma tabela com resultados estatísticos por pivô, selecione “Cross” (do menu principal do ILWIS selecione “Operations => Raster Operations”) e use o mapa raster “pivots\_MG” e o mapa diário de evapotranspiração do SEBS, aqui chamado “sebs\_daily\_evap”. Especifique “pivots” como primeiro mapa raster e “sebs\_daily\_evap” como segundo. Especifique “sebs\_pivots” como tabela cruzada de saída. Mantenha as outras opções na sua configuração “default”. Em seguida agregue a evapotranspiração diária do SEBS como uma nova coluna na tabela “pivots\_MG”. Para isto, selecione a opção “Column” do menu da tabela “sebs\_pivots” e da “drop down list” selecione “Aggregation”. Especifique as configurações de acordo com a figura 4.10.



**Figura 4.10** Agregando a evapotranspiração diária do SEBS para os pivôs centrais

Exiba o mapa raster, disponibilizado no seu diretório principal de trabalho, ET\_Minus\_geo, usando a representação “Pseudo”. Este mapa foi obtido do, assim chamado, produto-ET do LSA SAF. A resolução temporal deste produto é de 30 minutos, de forma que 48 passos no tempo foram agregados para obter o mapa diário de ET, o que é similar à forma como foi criado o mapa LST. Um sub mapa apropriado foi feito.

O mesmo método usado para obter resultados estatísticos do SEBS pode ser aplicado ao mapa ET LSA SAF, chamado “ET\_Minus\_geo”. Do menu principal do ILWIS selecione “Operations => Raster Operations”, selecione a função “Cross”, especifique “pivots\_MG” como primeiro mapa raster e “ET\_Minus\_geo” como segundo. Especifique “saf\_ET\_pivots” como tabela cruzada de saída. Agora agregue a evapotranspiração diária, coluna “ET\_MINAS\_geo”, à tabela “pivots\_MG”, chamando a coluna de “avg\_et\_saf”. Para isto selecione “Column” no menu de tabela e, da lista “drop down”, selecione a função “Aggregation”, especifique “avg\_et\_saf” como coluna de saída, “pivots\_MG” como tabela de saída, pressione “OK” para executar a operação. Abra a tabela “pivots\_MG” e inspecione as duas colunas recém adicionadas. Digite a seguinte expressão na linha de comandos da tabela:

```
difference:=avg_sebs-avg_et_saf
```

Mantenha as outras opções em default, pressione “OK” para executar a operação, e verifique os resultados obtidos.

#### 4.8. Conclusões

O modelo SEBS foi usado para estimar a evapotranspiração diária para o dia 2 de maio de 2010. Os resultados mostram valores de ET variando entre 2.063 e 4.321 mm/dia em Minas Gerais, usando um único valor instataneo de radiação solar descendente e valores de ET estimados entre 2.633 e 4.560 mm/day, com o produto LSA SAF DSSF (usando 0.5 % de intervalo de cutoff). Estatísticas mais detalhadas, como a média, o desvio padrão e a mediana, revelam que os resultados, de forma geral, são bastante comparáveis, a pesar de a última estimativa de ET ser ligeiramente maior, já que um única imagem, correspondente ao meio dia (hora local) foi usada. Os produtos diários agregados ET LSA SAF dão valores de ET na faixa entre 0.01 e 4.21 mm/dia, mostrando uma diferença ainda maior entre a estimativa SEBS (nas duas rodadas) e a obtida de LSA SAF. Lembrando que, nas rodadas do modelo SEBS, foram usados muitos dados climatológicos-meteorológicos in situ, consideramos as estimativas de ET derivadas deste modelo mais realistas do que as do LSA SAF. Consideramos também que esta última subestima ligeiramente ET. Mais validações são necessárias, usando observações in situ de ET. É importante considerar que várias camadas de entrada do modelo SEBS são derivadas dos produtos LSA SAF, e são também usadas no cálculo do produto ET LSA SAF.

---

## REFERENCES

---

Ferreira, E., Toledo, J.H., Dantas, A.A.A., Pereira, R.M. (2011): Cadatral maps of irrigated áreas by Center pivots in Minas Gerais Sate, Using CBERS-2B/CCD satellite imagery. *Eng. Agric.*, 2011, in press. ISSN 0100-6916.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2006): Censo Agro 2006: IBGE revela retrato do Brasil agrário. Available at: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1464 & id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1464&id_pagina=1). Last accessed: December 07, 2010.

Kabo-bah, A., Madamombe, C. (2010): Determination of ET using GEONETCast Toolbox and SEBS plug-in in ILWIS. Internal document, ITC. Enschede, The Netherlands. 2010, 4 p.

Maathuis, B., Retsios, B. and Schouwenburg, M. (2010): DevCoCast Latin American Workshops. Practical Exercises. Internal document, ITC. Enschede, The Netherlands, 2010.

Maathuis, B., Mannaerts, C.; Retsios, B., Schouwenburg, M. and Lemmens, R. (2011): GEONETCast Toolbox. Installation, configuration and user guide of the GEONETCast Toolbox plug-in for ILWIS 3.7, XML version 1.2. ITC. Enschede, The Netherlands. 2011. <http://52north.org/downloads/earth-observation/geonetcast/toolbox>

Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasil. (2010): Departamento Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas (1961-1999), Versão Revista e Ampliada. Brasília. INMET, 2010, CD ROM.

Su, Z. (2002): The surface energy balance system (SEBS) for estimation of the turbulent heat fluxes. *Hydrol. Earth Sci.*, 6, 85–99. <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/6/85/2002/hess-6-85-2002.pdf>

Su, H., Mccab, E. M. F., Wood, E. F., Su, Z., Prueger, J.H. (2005): Modeling Evapotranspiration during SMACEX: Comparing Two Approaches for Local- and Regional-Scale Prediction. *J. Hydrometeor.*, 6: 910-922.

Valor, E., Caselles, V. (1996): Mapping land surface emissivity from NDVI: application to European, Africa and South American areas. *Rem. Sens. Environ.*, v. 57, p. 167-184, 1996.

Wang, L.; Parodi, G. N.; Su, Z. (2008): A Practical Tool for Surface Energy Balance Estimates from Remote Sensing Data. SEBS module BEAM. <http://earth.esa.int/cgi-bin/confm8.pl?abstract=120>

## APPENDIX 1

Tabela com dados “in-situ” de estações meteorológicas de superfície para Minas Gerais.

	Y	X	Temp	HumidityRel	Pressure	Mix_ratio	Ins_hrs	Windspeed
1	-16.83	-42.05	22.8	72.3	98000	0.013	5.92	1.00
2	-19.60	-46.93	18.7	77.3	90230	0.012	7.43	1.96
3	-20.03	-46.00	18.2	83.2	93870	0.012	7.27	1.10
4	-21.25	-43.76	16.3	82.1	89100	0.011	6.25	1.36
5	-19.93	-43.93	19.6	72.5	91870	0.011	7.65	1.36
6	-21.91	-46.38	15.9	81.3	88340	0.010	6.74	1.48
7	-21.85	-45.30	17.3	71.4	91200	0.010	7.63	0.68
8	-18.71	-49.55	21.5	77.5	94560	0.013	8.12	1.00
9	-19.80	-42.15	19.4	83.3	94830	0.012	6.55	2.13
10	-21.38	-42.68	21.1	78.8	99650	0.012	6.39	1.02
11	-19.01	-43.43	18.6	80.3	94120	0.011	6.20	0.65
12	-21.56	-43.25	19.3	80.8	96840	0.012	5.89	0.92
13	-18.75	-44.45	20.9	69.6	93900	0.011	7.22	0.71
14	-18.25	-43.60	16.9	78.4	87280	0.011	6.87	1.20
15	-14.91	-42.85	23.5	59.6	94940	0.011	7.97	2.07
16	-19.88	-44.41	17.7	74.7	93110	0.010	7.46	2.34
17	-18.85	-41.93	22.3	76.0	99170	0.013	5.88	0.82
18	-20.01	-44.05	18.2	78.4	92530	0.011	6.48	1.27
19	-17.01	-42.85	18.4	81.4	89710	0.012	5.93	1.53
20	-15.85	-44.36	23.0	67.8	96040	0.012	8.17	1.90
21	-19.45	-43.11	19.0	81.9	91990	0.012	6.06	0.97
22	-17.83	-46.16	21.7	69.4	93000	0.012	8.39	1.73
23	-21.70	-43.35	17.6	83.3	91240	0.011	5.46	2.46
24	-21.76	-45.00	17.4	77.4	91530	0.010	7.17	1.68
25	-21.75	-45.90	17.5	74.5	91900	0.010	6.34	1.10
26	-16.65	-43.83	21.1	65.3	94290	0.011	7.68	1.74
27	-20.63	-44.81	17.9	78.2	91050	0.011	7.82	1.13
28	-22.38	-44.96	16.2	76.3	91630	0.010	7.55	1.80
29	-18.51	-46.43	19.4	69.1	90910	0.011	7.78	1.37
30	-16.00	-41.28	21.4	76.2	94000	0.013	6.42	1.98
31	-17.35	-44.91	21.5	74.6	95740	0.012	8.69	1.76
32	-19.21	-45.00	20.1	78.4	93780	0.012	7.23	1.09
33	-16.16	-42.30	21.4	74.8	96060	0.012	5.34	1.51
34	-21.30	-44.26	17.4	74.7	91260	0.010	6.52	1.37
35	-22.10	-45.01	16.2	79.9	91900	0.010	6.46	0.47
36	-19.40	-44.25	19.0	72.3	93090	0.011	8.33	1.20
37	-17.85	-41.50	21.6	81.3	97590	0.013	5.66	0.62
38	-19.73	-47.95	19.8	74.6	93290	0.012	8.15	1.50
39	-20.75	-42.85	17.2	83.3	93820	0.011	6.69	1.15
Min	-22.38	-49.55	15.9	59.6	87280	0.010	5.34	0.47
Max	-14.91	-41.28	23.5	83.3	99650	0.013	8.69	2.46
Avg	-19.38	-44.28	19.3	76.2	93266	0.011	6.97	1.36
Std	2.00	1.77	2.1	5.4	2798	0.001	0.90	0.49
Sum	-755.88	-1726.77	753.0	2972.2	3637360	0.445	271.76	53.13

Column "Windspeed"

## 5. AVALIANDO A COBERTURA VEGETAL NA ESCALA DO ESTADO DE SÃO PAULO: “UMA FERRAMENTA PARA AUXILIAR PROCESSOS DECISÓRIOS”

By: **Fabio Enrique Torresan**<sup>1</sup>

### 5.1. Relevância e importância da aplicação

A disponibilidade de informação confiável sobre a produção agrícola é cada vez mais fundamental para os processos decisórios, tanto no cenário nacional quanto no internacional

(Pino, 1999; Epiphany et al., 2002; Dronin & Bellinger, 2005; Epiphany, 2007; Castillejo-González et al., 2009).

A metodologia operacional atualmente aplicada para as previsões agrícolas no Brasil depende de pesquisas extensivas, prolongadas, custosas e subjetivas, que se baseiam na opinião de agentes técnicos envolvidos com o setor (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002). A análise é tendenciosa, devido aos erros e incertezas envolvidos, o que torna esta metodologia pouco prática.

Há, por estes motivos, uma demanda crescente por previsões agrícolas derivadas de dados de sensoriamento remoto, que permitem resultados mais rápidos, com maior precisão e custos inferiores aos das técnicas tradicionais. (Food and Agriculture Organization das United Nations, 1998; Prasad, 2006).

Da mesma forma, há também uma grande lacuna de informações sobre o grau de conservação da cobertura vegetal natural remanescente. A demanda global por produtos agrícolas é atualmente o maior motor por trás da expansão das áreas de cultivo e pastagens no mundo em desenvolvimento. Sempre que estas novas terras agrícolas vierem a substituir florestas, florestas degradadas ou pradarias, a influência será grande sobre o meio ambiente. Enquanto que o padrão geral é conhecido, não há ainda quantificação definitiva destas mudanças na cobertura da terra (Gibbs, 2010)

A conservação da biodiversidade em paisagens sob manejo demanda uma estratégia que inclua o aumento do valor conservacional da matriz agrícola, provendo um habitat viável para espécies que dependem da floresta e também aumentando a conectividade entre áreas protegidas e fragmentos de florestas (DeClerck et al., 2010).

A identificação, mapeamento e monitoramento das mudanças de uso da terra são uma ferramenta importante para dar suporte a processos decisórios, tanto para administradores públicos quanto para investidores do agronegócio. Ao mesmo tempo, a recuperação e a utilização de áreas degradadas e a recuperação da vegetação natural podem prevenir o desflorestamento em áreas de expansão agrícola.

Neste contexto, o instrumento “Vegetation” a bordo do satélite SPOT fornece medições desenhadas para monitorar as propriedades da superfície com frequência aproximadamente diária, em escala global, e com resolução espacial de um quilômetro (mais precisamente, são 5 vezes ao longo de 6 dias no equador, uma vez por dia em 30° latitude, e duas vezes ao dia em latitudes superiores a 60°). Estas características permitem o monitoramento de grandes extensões de terra de forma contínua.

---

<sup>1</sup> Embrapa Satellite Monitoring, Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão CEP 13070-115 - Campinas, SP, Brasil  
([www.cnpm.embrapa.br](http://www.cnpm.embrapa.br)), email [torresan@cpnm.embrapa.br](mailto:torresan@cpnm.embrapa.br)

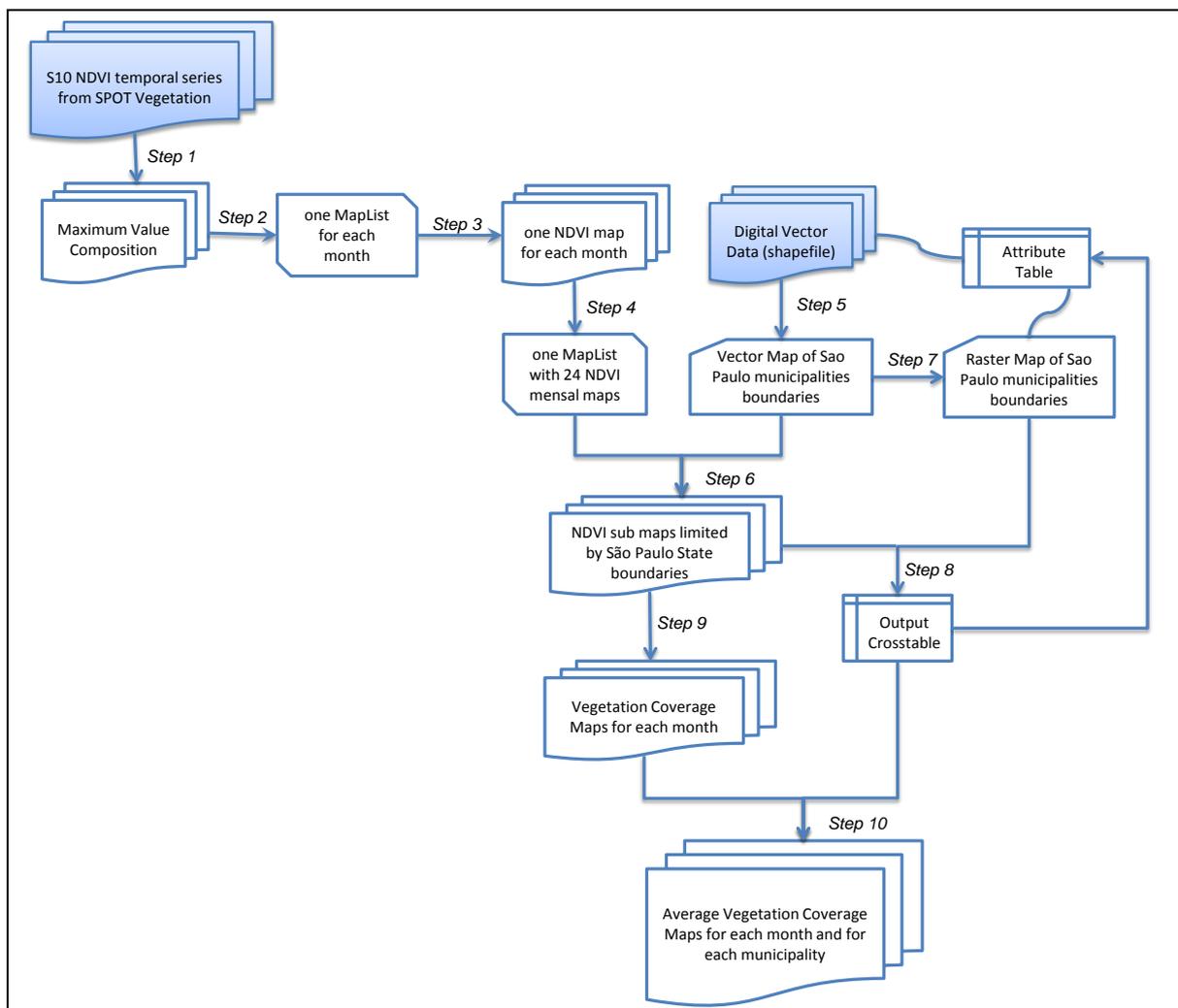
## 5.2. Objetivo da aplicação

O objetivo principal desta aplicação é avaliar a cobertura vegetal nos municípios do Estado de São Paulo, Brasil, usando dados de uma série temporal de imagens S10 NDVI adquiridas pelo instrumento SPOT Vegetation, disponíveis por meio do projeto DevCoCast. Após a validação desta abordagem metodológica no futuro próximo, ela será útil para implementar um sistema de monitoramento usando a cobertura vegetal, que será disponibilizado para os tomadores de decisão e para a sociedade.

## 5.3. Metodologia e área de estudo

### 5.3.1. Metodologia adotada

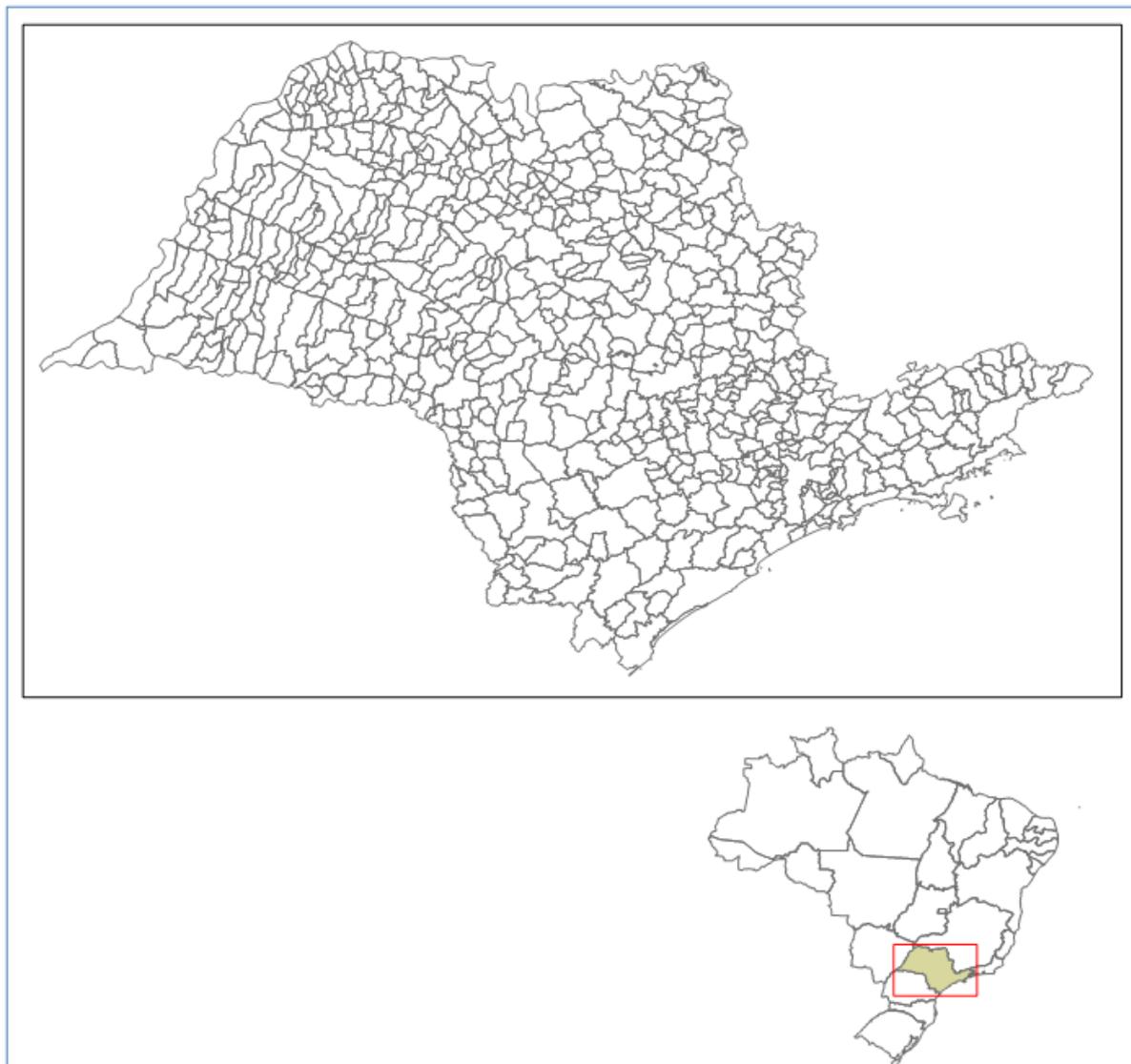
Um fluxograma da metodologia a ser apresentada a seguir é mostrado figura 5.1 abaixo.



*Figura 5.1 Fluxograma da metodologia adotada.*

### 5.3.2. Área de Estudo

A área de estudo cobre o estado de São Paulo, Brasil, que contém 645 municípios, veja também a figura 5.2.



*Figura 5.2 Estado de São Paulo com as fronteiras municipais e sua localização no Brasil.*

### 5.4. Pré-processamento de Dados

Para esta aplicação é usado um conjunto temporal de dados de imagens S10 NDVI. Os produtos de síntese de 10-dias de SPOT Vegetation S10 são combinações de dados atmosféricos diários e corrigidos de todos os segmentos de VEGETATION (medições) para a dezena dada (período de 10-dias) formando uma imagem única, usando o algoritmo de Composto de Valor Máximo (MVC), que seleciona os pixels com melhores valores de reflectância do solo (Bartholomé, 2006). Aqui trabalha-se com os anos de 2008 e 2009. Nem todos os passos requerem pré-processamento; para exemplificar as necessidades de pré-processamento, o mês de dezembro de 2009 é usado.

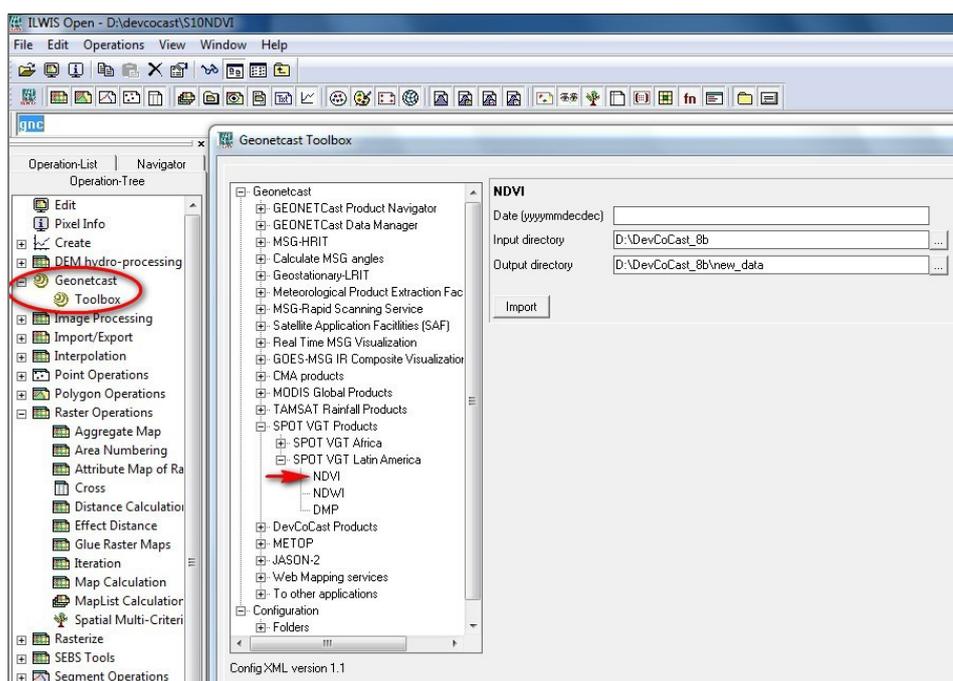
#### 5.4.1. Importando as imagens de S10 NDVI

Uma série temporal de imagens S10 NDVI, derivadas do instrumento SPOT Vegetation para os anos 2008 e 2009, disponível no fluxo de dados GEONETCast deve ser importado para o “Integrated Land and Water Information System” (ILWIS), usando a Caixa de Ferramentas GEONETCast (veja a figura 5.3). Certifique-se de ter descomprimido os dados para o exercício, abra o ILWIS e vá, por meio do navegador ILWIS a este diretório de trabalho ativo. Você verá que há um subdiretório “gnc\_data”. O diretório contém os dados brutos do

GEONETCast-DevCoCast. Feche e abra novamente o ILWIS para garantir que as configurações de diretório estejam corretas.

Certifique-se de que o plug-in da Caixa de Ferramentas GEONETCast está instalado, abra, do menu principal do ILWIS, a opção “Operations => Geonetcast” => “toolbox”, agora selecione a opção “Configuration” => Folders”. Especifique as configurações de diretório para “SPOT VGT4 Latin America”, especifique os diretórios de entrada e saída apropriados, note que o diretório de entrada é o seu diretório de trabalho ativo e adicione aqui o sub-diretório “\gcn\_data”.

Do menu principal do ILWIS, importe as imagens NDVI para as 3 dezenas de Dezembro de 2009, selecione do menu do ILWIS: “Operations => Geonetcast => Toolbox => SPOT VGT Products => SPOT VGT Latin America => NDVI”. Use como “Date stamps”: “20091201”, “20091211” e “20091221” respectivamente.



**Figura 5.3 Importando imagens NDVI S10 usando o Geonetcast Toolbox “plug-in”**

Abra os mapas importados “ndvi20091201”, “ndvi20091211” e “ndvi20091221”, use como “Representation” “NDVI1”, passe o mouse com o botão esquerdo pressionado por sobre o mapa e inspecione os valores. Note também que um mapa de status (\*\_SM) é criado. Este mapa de status será usado para selecionar apenas os pixels que satisfaçam os seguintes critérios: ausência de nuvens, pixel terrestre e com boa radiometria no vermelho e no infra-vermelho próximo. Para maiores esclarecimentos sobre o procedimento, veja também Maathuis et al (2011). Digite a seguinte fórmula de cálculo de mapa na linha de comando do menu do ILWIS:

$$\text{Status\_ok} = \text{iff}(\text{(((ndvi20091201\_SM div 1) mod 2) + ((ndvi20091201\_SM div 2) mod 2) = 0) \text{ and } \text{(((ndvi20091201\_SM div 8) mod 2) + ((ndvi20091201\_SM div 32) mod 2) + ((ndvi20091201\_SM div 64) mod 2) = 3), 1, 0)$$

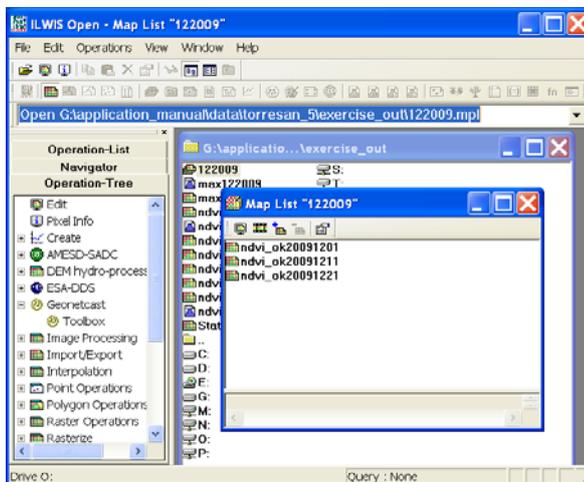
Deixe todas as outras opções na sua configuração padrão e execute a operação. Inspecione os mapas resultantes e aplique ao mapa de NDVI, digitando a expressão a seguir na linha de comando do menu principal do ILWIS, a máscara que seleciona pixels:

$$\text{ndvi\_ok20091201} = \text{iff}(\text{Status\_ok} = 1, \text{ndvi20091201}, ?)$$

Mais uma vez mantenha todas as outras opções na sua configuração padrão e execute a operação, verifique os resultados, use como “Representation” “NDVI1”. Repita este procedimento para as outras duas dezenas. Use o histórico da linha de comando do menu principal do ILWIS e mude as datas !

#### 5.4.2. Criando uma Lista de Mapas para as imagens NDVI importadas

Crie uma lista de mapas para cada mês, com as três dezenas para o mês correspondente (veja a figura 5.4). Do menu principal do ILWIS selecione “File => Create => Map List” e escolha, para o mês de dezembro de 2009, uma lista de mapas com as suas três dezenas corrigidas “ndvi\_ok200912\*”. Especifique como lista de mapas de saída o nome

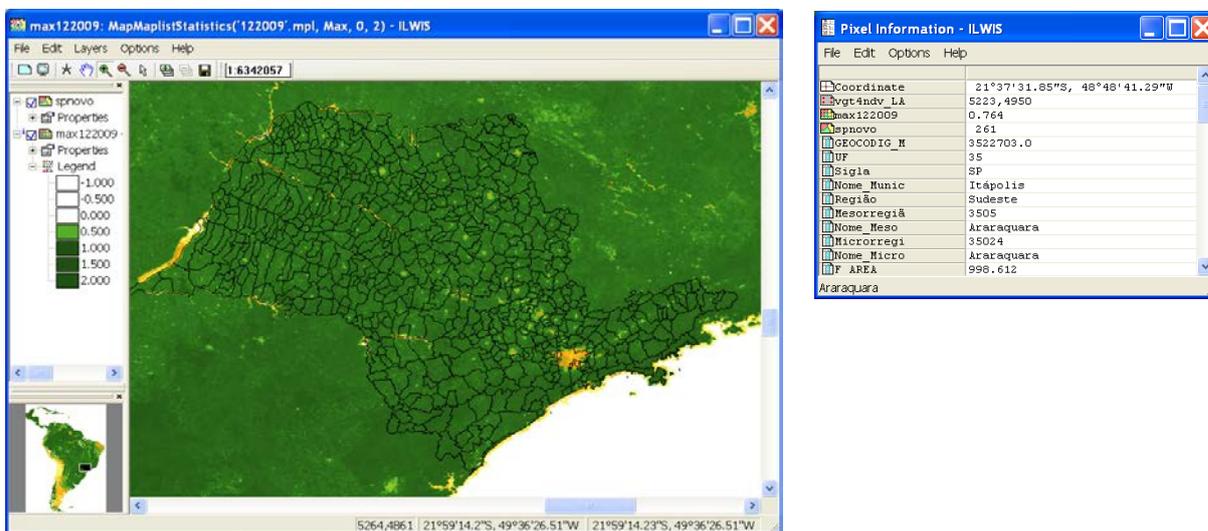


“122009”.

*Figura 5.4 Exemplo de lista de Mapas criada com três décadas de Dezembro de 2009*

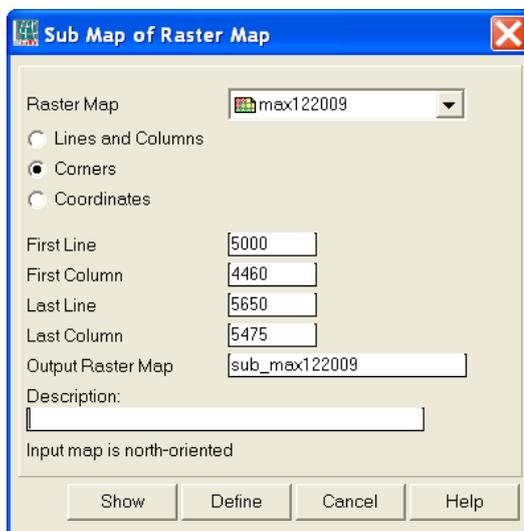
#### 5.4.3. Extraindo a Composição de Valor Máximo Mensal

As três imagens NDVI da lista de mapas criada serão agrupadas para formar um outro mapa raster dando o máximo valor NDVI para cada mês. Clique com o botão direito do mouse na lista de mapas “122009”, selecione, no menu sensível a contexto “Statistics => Maplist Statistics”, como função estatística (Statistic Function) selecione “Maximum”, especifique como mapa de saída “max200912” e pressione “Show” para executar a operação. Para exibir o mapa use a Representação “NDVI1” e pressione “OK”. Adicione o arquivo de polígono “spnovo”, selecione da janela ativa do mapa “Layers => Add Layer” e “spnovo”. Do menu “Display Options – Polygon Map”, desselecione a opção “Info” e ative a opção “Boundaries Only”. Os limites do polígono são agora sobrepostos ao mapa raster NDVI, use a opção “Zoom-in” na janela do mapa ativo e selecione a área de interesse. Em seguida selecione, na janela ativa do mapa, a opção “File => Open Pixel Information” e mova o cursor do mouse sobre o mapa para ver os atributos da tabela correspondentes. Os seus resultados devem parecer-se aos da figura 5.5.



*Figura 5.5 Composição mensal do valor máximo do NDVI com o mapa vector político do Estado de São Paulo*

Para restringir as operações à área de estudo é necessário criar um “Sub map”. Para isto, é necessário selecionar, usando o botão direito do mouse, o mapa “max200912” e, do menu sensível a contexto, escolher as opções “Spatial Reference Operations => Sub Map”. Os detalhes para selecionar apenas o Estado de São Paulo são fornecidos na figura 5.6 e pressione “Show” para executar a operação e exiba o submapa usando a representação “NDVI1”.



*Figura 5.6 Configurações do Sub-Mapa para selecionar a região do Estado de São Paulo*

A maior parte das análises no ILWIS é baseada em dados raster. Por este motivo, a conversão de formato vetor para raster (rasterizar) é um passo frequentemente necessário antes da análise. Clique com o botão direito no arquivo de polígono “spnovo”, no menu sensível a contexto selecione a opção “Polygon to Raster”, como Georeferência selecione “submax2008\_1” e, para o mapa raster de saída (Output Raster Map): “municipios”, pressione “Show” para executar a operação. Pressione “OK” para exibir o mapa usando as configurações padrão. Feche o mapa e clique com o botão direito no recém criado mapa raster “municipios”, selecione “Properties” e note que a tabela de atributos (Attribute Table) “spnovo” está anexada a este mapa. Clique duas vezes com o botão esquerdo na tabela “spnovo” para exibi-la e inspecione o conteúdo. Estes são idênticos ao registro exibido quando se utiliza Pixel Information (veja também a figura 5.5).

## 5.5. Análise de Dados

A execução da cadeia completa de pré-processamento, como indicado no capítulo 5.4, para toda a série temporal, como indicado no capítulo 5.4, requer muito tempo. Por isto, um subconjunto de dados NDVI com pré-processamento completo foi preparado para a região de São Paulo. A metodologia usada para criar esta série temporal é idêntica à descrita acima. A série temporal de compostos de valor máximo de NDVI é disponibilizada na lista de mapas “submax2008\_2009”. Clique duas vezes no nome da lista de mapas, use a opção “Open as Slide Show”, selecione como representação “NDVI1” e pressione duas vezes “OK” para ver uma seqüência animada da série temporal. Uma vez que o conteúdo for inspecionado feche a visualização.

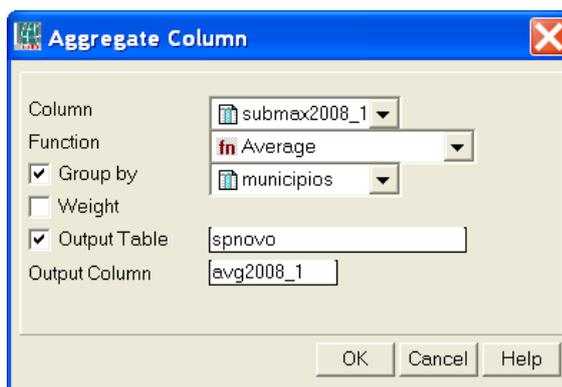
### 5.5.1. Análises Estatísticas dos valores de NDVI para cada município

Uma importante ferramenta de análise de dados no ILWIS chama-se “Cross operation”, que calcula a frequência de ocorrência de todas as possíveis combinações dos dois mapas. A “Cross operation” executa uma sobreposição dos dois mapas raster, comparando pixels nas mesmas posições em ambos os mapas e “lembrando” de todas as operações ocorridas entre valores ou classes de ambos os mapas. Os mapas de entrada usados numa Cross operation devem ser mapas raster que tenham a mesma georeferência. Durante a “Cross operation”, combinações de nomes de classes, identificadores ou valores dos pixels em ambos os mapas são listados, o número de pixels em que ocorrem estas combinações são contados, e as áreas das mesmas calculadas. Os resultados são armazenados em uma tabela-

cruzada de saída e, opcionalmente, um mapa-cruzado de saída pode ser criado. A tabela e mapa cruzados de saída recebem um domínio de ID com o mesmo nome que a tabela cruzada de saída. O domínio contém itens, que são combinações de nomes de classes, IDs, nomes de grupos ou valores do primeiro ou segundo mapa de entrada.

Você vai cruzar um mapa raster com um identificador de domínio chamado “municípios” (previamente criado, contendo as áreas municipais do Estado de São Paulo) e o valor máximo mensal de NDVI para cada mês dos anos 2008 e 2009. O resultado é uma grande tabela cruzada, que contém as combinações dos nomes/códigos dos municípios e o número de pixels com um determinado valor de NDVI.

No menu do ILWIS abra a opção “Operations => Raster Operations => Cross”. Selecione o mapa raster com os valores máximos mensais de NDVI para o primeiro mês de 2008, aqui chamado “submax2008\_1”, como primeiro mapa. Selecione o mapa raster “municípios” como o segundo. Digite “avg\_01\_2008” como tabela de saída (Output Table) e pressione “Show”. Do menu da recém criada tabela, selecione a opção “Columns => Aggregation”, isto abre a caixa de diálogo “Aggregate Column”. Agora selecione como “Column”: “submax2008\_1”, como “Function”, “Average”, como “Group”, “municípios”, como tabela de saída “Output Table” especifique “spnovo” e digite para a coluna de saída “Output Column” “avg2008\_1”. Clique “OK” na caixa de diálogo “Aggregate Column”. Veja também a figura 5.7.



**Figura 5.7** Agregação de colunas e adição da coluna resultante à tabela externa

Abra a tabela cruzada e abra a tabela “spnovo”. Inspeção a coluna recém “avg2008\_1”. Este procedimento deve ser repetido para todos os mapas na série temporal. Se não quiser fazer isto outras 23 vezes, abra a tabela “spnovo\_ndvi” e inspeção o seu conteúdo.

### 5.5.2. Estimando a cobertura vegetal

Adota-se para este passo a metodologia proposta por Gao et al. (2006), que usa a cobertura vegetal (vegetation cover, VC) para calcular a taxa de degradação. O resultado pode ser aplicado para estabelecer um sistema de avaliação e monitoramento do meio ambiente com sensoriamento remoto. Nesta aplicação, a expressão a seguir será usada para estimar a cobertura vegetal:

$$VC = \frac{(NDVI - NDVI_S)}{(NDVI_V - NDVI_S)} * 100 \quad (\text{Eq 1})$$

Onde:

VC é a cobertura vegetal

NDVI<sub>S</sub> a média do valor mínimo de NDVI na área de estudo (aqui 0.192)

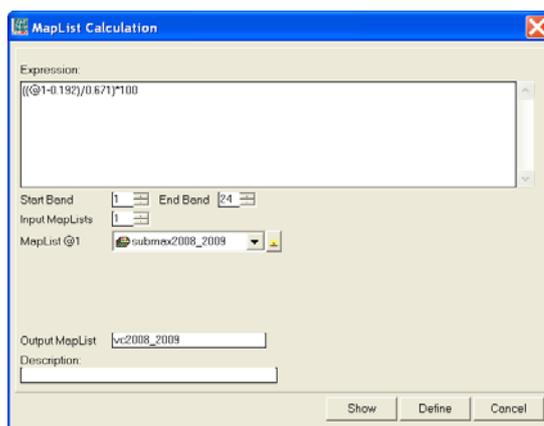
NDVI<sub>V</sub> o valor médio de NDVI da vegetação pura ou do valor máximo de NDVI na área de estudo (aqui 0.671)

Note que os valores de NDVI<sub>S</sub> e NDVI<sub>V</sub> especificados acima podem ser obtidos da tabela (ex. a tabela “spnovo”, usando valores estatísticos máximos e mínimos agregados das 24 colunas “avgyear\_month”). Selecione do menu principal do ILWIS a opção “Operations => Raster Operations => MapList Calculation”, veja também a figura 5.8.

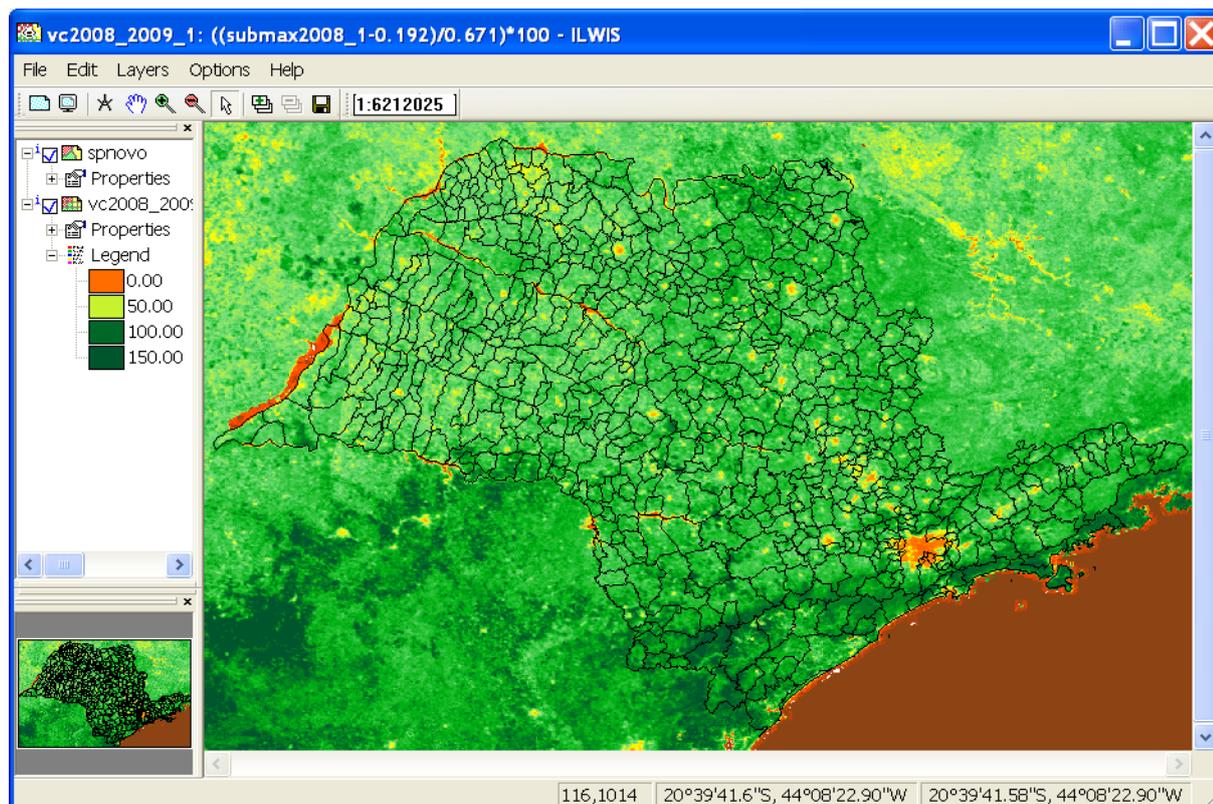
Selecione a lista de mapas da série temporal de NDVI “submax2008\_2009” como lista de mapas de entrada (Input MapList), e como lista de mapas de saída (Output MapList) especifique “vc2008\_2009”. Neste caso usa-se apenas “1” lista de mapas de entrada. No campo de expressões, digite o seguinte:

$$(((@1-0.192)/0.671)*100$$

e pressione “Show” para executar a operação. 24 novos mapas são calculados, representando a cobertura vegetal em cada mês. Uma vez terminado o cálculo, abra a recém criada lista de mapas “vc2008\_2009”, clique duas vezes em uma das camadas de mapas e exiba o mapa usando a Representation “vgcover”. Veja os resultados de janeiro de 2008, com os limites municipais, na figura 5.9. Feche o map e agora exiba-o como uma seqüência animada, usando a mesma representação. Feche a animação quando tiver terminado.



*Figura 5.8 Cálculo da Lista de MAPAS*



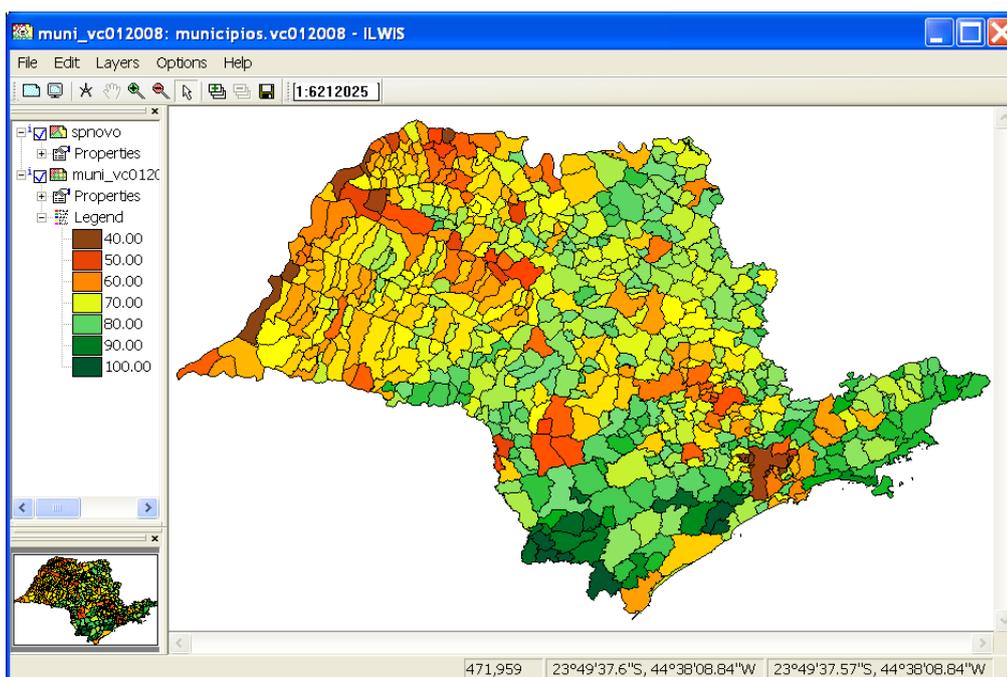
*Figura 5.9 Cobertura de Vegetação para Janeiro - 2008*

Os mapas mensais de vegetação média precisam agora ser cruzados com os mapas raster. Repita o mesmo procedimento descrito na seção 5.5.1, porem agora cruzando os mapas mensais de cobertura vegetal com os mapas

raster municipais. Isto resultará em 24 novas colunas na tabela “spnovo”, use como prefixo do nome da coluna “vc\_”. Se não quiser repetir o procedimento 24 vezes, abra a tabela “spnovo\_ndvi\_vc” e inspecione o seu conteúdo.

### 5.5.3. Mapas de Cobertura Vegetal Municipal

Tendo calculado a cobertura vegetal média por municipalidade na tabela, agora vai-se representar espacialmente essa informação. Primeiro selecione, clicando com o botão direito sobre o mapa raster “municipios” a caixa de diálogo “Properties”. Certifique-se de que o atributo de tabela “spnovo\_ndvi\_vc” esteja selecionado e pressione “Apply” e “OK”. Clique novamente sobre o mapa “municipios” e selecione “Raster Operations => Attribute Map”, como “Attribute” selecione a coluna “vc012008” e como Output Raster Map especifique “muni\_vc012008”, pressione “Show” para executar a operação e exiba o mapa resultante usando a representação “vgcover”. O resultado é mostrado na figura 5.10.



**Figura 5.10 Cobertura de Vegetação agregada por município, Estado de São Paulo, Janeiro- 2008**

Verifique a sequência de caracteres na linha de comando do menu principal do ILWIS, use o “drop down icon” no canto direito da linha de comando. A expressão gerada para executar a operação pode ser adaptada e um novo mapa calculado. Os caracteres usados para calcular o mapa de atributos é:

```
muni_vc012008.mpr {dom=value;vr=4.28:94.79:0.01} = MapAttribute(municipios,vc012008)
```

Para calcular o novo mapa, o nome do mapa de saída precisa ser mudado, assim como a coluna de atributos.

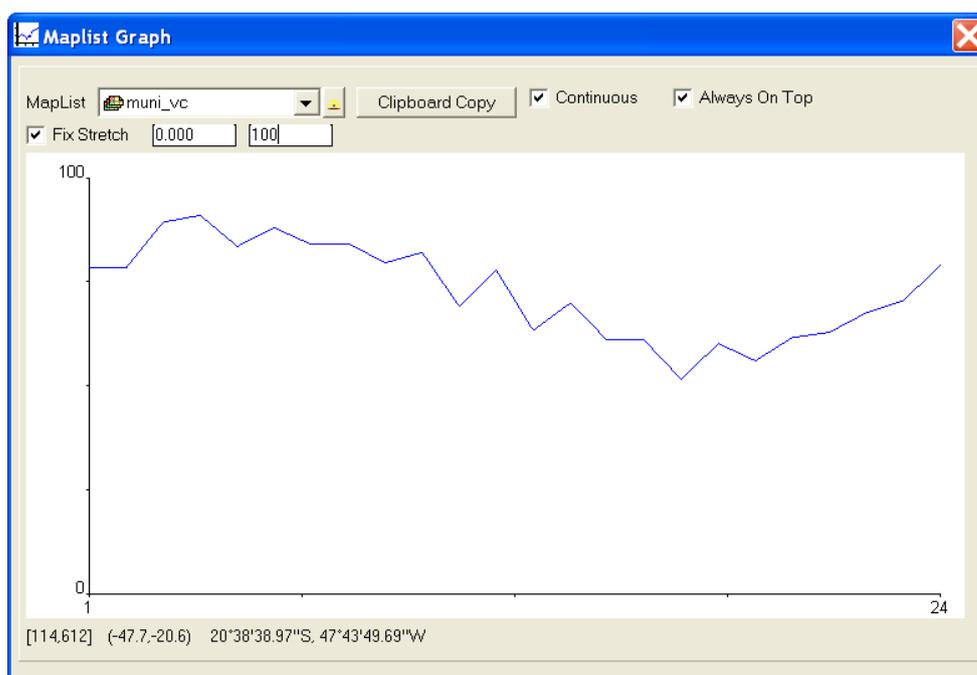
Agora mude a seguinte expressão dada no histórico da linha de comando:

```
muni_vc022008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_fev2008)
```

Pressione enter (da linha de comando ativa) para executar esta operação e “OK”. Continue mudando a coluna de atributos de entrada e o nome do mapa de saída para obter uma série temporal de 24 mapas municipais agregados de cobertura vegetal. Todas as expressões de linha de comando são apresentadas no apêndice 1.

Quando todos os mapas 24 muni\_vc\* tiverem sido criados, abra, no menu principal do ILWIS, as opções “File => Create => MapList”, especifique como nome da lista de mapas (MapList) “muni\_vc”, selecione todos os 24 mapas muni\_vc\* maps e use o ícone “>” icon para transferi-los à listagem de mapas a direita, pressione “OK”. Exiba a recém criada lista de mapas como uma seqüência animada, usando como representação “vgcover”, e pressione “OK” duas vezes. Na janela ativa de mapa, selecione a opção “Layers =>Add Layer”, e adicione o arquivo de polígonos “spnovo”, do menu “Display Options – Polygon Map”, desselecione a opção “Info” e ative a opção “Boundaries Only”.

Abra mais uma vez a lista de mapas “muni\_vc” e exiba o mapa “muni\_vc012008”. Adicione a este mapa a camada de vetores que mostra os municípios e use a opção “boundaries only” para exibir esta camada de vetores. Do menu principal do ILWIS, selecione “Operations => Statistics => MapList => MapList Graph”. Na janela gráfica da lista de mapas, selecione como “MapList” “muni\_vc”, use uma extensão fixa de 0 a 100, ative as opções “Continuous” e “Always on top”. Ative a janela de mapa mostrando a camada de mapa previamente aberta “muni\_vc012008”. Passe o cursor do mouse sobre o mapa e observe os valores da série temporal de cobertura vegetal agregada na janela do gráfico, veja também a figura 5.11. Você pode também mudar a lista de mapas, ex. use submax2008\_2009 para ver os valores máximos mensais de NDVI. Note que você precisa mudar o “fix stretch” (valor de realce) de 0 para 1!



*Figura 5.11 Cobertura de Vegetação Agregada e gráfico de séries históricas de um pixel*

## 5.6. Conclusões

Esta metodologia precisa ser validada com dados in-situ. O valores limite de NDVI usados para calcular a cobertura vegetal ( $NDVI_S$  and  $NDVI_V$ ) podem ser mudados, dependendo do comprimento da série temporal disponível e também das áreas de interesse.

A metodologia pode ser adaptada para diferentes objetivos, como monitoramento de cultivos e biomassa e monitoramento de biodiversidade, e monitoramento e manejo ambiental e áreas protegidas. Neste caso, outros limites geográficos de análise precisam ser adotados, como as extensões de certas regiões de uso da terra, os limites de bacias hidrográficas ou de parques e áreas protegidas.

---

## REFERENCES

---

- Bartholomé, E. (editor) (2006): VGT4Africa user manual. 1st edition. EUR 22344 EN, European Communities. Available online at <http://www.devcocast.eu/ViewContent.do?pageId=40> (last accessed on 2011-02-01).
- Castillejo-González, I.L., López-Granados, F., García-Ferrer, A., Peña-Barragán, J.M., Jurado-Expósito, M., Sánchez de la Orden, M. and González-Audicana, M. (2009): Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.68, p.207-215, 2009.
- Dronin, N.M., Bellinger, E.G. (2005): Climate dependence and food problems in Russia, 1900-1990: the interaction of climate and agricultural policy and their effect on food problems. Budapest, Hungary. Central European University Press, 2005. 366p.
- Epiphânio, J.C.N., Luiz, A.J.B., Formaggio, A.R. (2002): Estimativa de áreas agrícolas municipais, utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. *Bragantia*, v.61, p.187-197, 2002.
- Epiphânio, R.D.V. (2007): Avaliação da potencialidade das imagens MODIS na estimação da área de soja no Estado do Mato Grosso. 2007. 89p. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Fabrice A.J. DeClerck, Robin Chazdon, Karen D. Holl, Jeffrey C. Milder, Bryan Finegan, Alejandra Martinez-Salinas, Pablo Imbach, Lindsay Canet, Zayra Ramos (2010): Biodiversity conservation in human-modified landscapes of Mesoamerica: Past, present and future. *Biological Conservation*. Volume 143, Issue 10, Conserving complexity: Global change and community-scale interactions. Tropical forest biodiversity in a human-modified world: a multi-region assessment. October 2010. Pages 2301-2313. ISSN 0006-3207, DOI: 10.1016/j.biocon.2010.03.026.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1998): Multiple frame agricultural surveys: agricultural survey programs based on area frame or dual frame (area and list) sample design. Rome: FAO, 1998. v.2, 242p. (FAO Statistical Development Series, 10).
- Gao, Q., Li, Y., Wan, Y., Lin, E., Siong, W., Jiangcun, W., Wang, B. and Li, W. (2006): Grassland degradation in northern Tibet based on remote sensing data. *J. Geographical Sciences*, v. 13, n. 2, p. 165-173, 2006.
- Gibbs, H. K., A. S. Ruesch, F. Achard, M. K. Clayton, P. Holmgren, N. Ramankutty, and J. A. Foley. (2010): Tropical Forests Were the Primary Sources of New Agricultural Land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107(38): 16732-16737.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2002): Pesquisas agropecuárias. Rio de Janeiro, Brazil. IBGE, 2002. v.6, 96p. (*Série relatórios metodológicos*).
- Maathuis, B., Mannaerts, C., Retsios, B., Schouwenburg, M. and Lemmens, R. (2011): GEONETCast Toolbox. Installation, configuration and user guide of the GEONETCast Toolbox plug-in for ILWIS 3.7, XML version 1.2. ITC. Enschede, The Netherlands. 2011. <http://52north.org/downloads/earth-observation/geonetcast/toolbox>
- Pino, F.A. (1999): Estatísticas agrícolas para o século XXI. *Agricultura em São Paulo*, v.46, p.71-105, 1999.
- Prasad, A.K.; Chai, L.; Singh, R.P.; Kafatos, M. (2006): Crop yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.8, p.26-33, 2006.

---

## APPENDIX 1

---

Listagem de instruções de cálculo de mapa para computer o VC agregado por municipality.

Digite as expressões abaixo na linha de commando no menu principal do ILWIS para calcular a cobertura de vegetação (VC) para cada mês do ano de 2008 and 2009.

```
muni_vc012008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc012008)
muni_vc022008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_fev2008)
muni_vc032008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_mar2008)
muni_vc042008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_abr2008)
muni_vc052008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_mai2008)
muni_vc062008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_jun2008)
muni_vc072008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_jul2008)
muni_vc082008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_ago2008)
muni_vc092008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_set2008)
muni_vc102008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_out2008)
muni_vc112008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_nov2008)
muni_vc122008.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_dez2008)
muni_vc012009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_jan2009)
muni_vc022009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_fev2009)
muni_vc032009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_mar2009)
muni_vc042009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_abr2009)
muni_vc052009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_mai2009)
muni_vc062009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_jun2009)
muni_vc072009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_jul2009)
muni_vc082009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_ago2009)
muni_vc092009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_set2009)
muni_vc102009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_out2009)
muni_vc112009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_nov2009)
muni_vc122009.mpr {dom=value;vr=0.00:100.00:0.01}:=MapAttribute(municipios,vc_dez2009)
```

## 6. UMA ABORDAGEM SIG USANDO PRODUTOS DERIVADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE CANA DE AÇÚCAR NO BRASIL.

By: **Diego Rocha<sup>1</sup>, Humberto Barbosa<sup>1</sup> & Leandro da Silva<sup>1</sup>**

Esta aplicação usa produtos GEONETCast para testar uma abordagem de sensoriamento remoto por satélite para melhorar as estimativas de cana de açúcar sobre o município de Coruripe em Alagoas, Brasil. O teste é realizado para o período de Abril a Agosto, 2010. Os resultados da quantificação aqui apresentados mostram que os valores da produção de cana estão entre 27 e 66 Ton ha<sup>-1</sup> por município do período. Os resultados são bastante encorajadores, embora uma alta variabilidade espacial na produtividade tenha sido encontrada. Isto sugere que ajustes são necessários para transformar o esquema original, baseado em produtos de satélite, para outro baseado em parâmetros agro-meteorológicos derivados. Mais estudos são necessários para melhor compreender estes resultados, que dependem da resolução dos campos de entrada, o seu conteúdo físico e vários outros fatores. Esta aplicação representa um primeiro passo rumo ao uso de uma quantificação operacional, baseada em SIG da produtividade de cana de açúcar no Brasil, usando produtos fornecidos por GEONETCast.

### 6.1. Relevância da aplicação

#### 6.1.1. O distanciamento entre ciência e o manejo agrícola

As práticas atuais de manejo agrícola no Brasil são frequentemente baseadas em conhecimento e tecnologias ultrapassadas. Semelhante ao que ocorre em muitas outras regiões do mundo, os cientistas frequentemente desenvolvem os seus métodos em isolamento, sem a percepção das reais necessidades dos segmentos interessados da sociedade. Por outro lado, o público interessado está frequentemente desinformado sobre as alternativas disponibilizadas pela ciência. A pesquisa científica fica ainda mais isolada pela falta de utilidade prática comprovada e a representação inadequada dos resultados, enquanto as políticas e o manejo agrícola ficam isolados por precedência legal e profissional.

#### 6.1.2. Tornando a modelagem de cultivo útil para a tomada de decisão: que resultados são necessários, e de que dados de entrada se precisa para atingir os objetivos de modelagem

Na comunidade científica, o desempenho do modelo é frequentemente avaliado usando procedimentos e indicadores estatísticos que não refletem necessariamente a utilidade prática para informar decisões na região de interesse. Uma consciência aprimorada das reais necessidades dos segmentos interessados da sociedade pode ajudar os cientistas a dar melhor orientação ao seu trabalho. Por outro lado, as medições típicas de desempenho das aplicações de modelagem de cultivo na região podem não ser suficientes para subsidiar a tomada de decisões. O baixo desempenho do modelo é frequentemente conseqüência de limitações nos conjuntos de dados de entrada. No entanto, ao longo das últimas décadas, uma quantidade crescente de produtos potencialmente úteis, derivados de sensoriamento remoto tem sido disponibilizados, mas o seu potencial para melhorar o desempenho na região ainda não foi bem avaliado.

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Laboratory of Analysis and Processing of Satellite Images (LAPIS), Brazil  
(Corresponding author Diego Rocha) email: [diegorsrocha@gmail.com](mailto:diegorsrocha@gmail.com)

### 6.1.3. Parâmetros agro-meteorológicos de produtos de sensoriamento remoto por satélite, uma abordagem SIG

Imagens de sensoriamento remoto têm um papel importante na produção agrícola sobre grandes áreas. Podem ser usados em quantificações, e o seu uso é não destrutivo, porque os cultivos agrícolas costumam ser de difícil acesso, o que tornam muito custosas as estimativas de produtividade baseadas em dados de solo. O advento recente dos dados GEONETCast–EUMETCast possibilitou a obtenção de medições precisas e freqüentes de diversos parâmetros agro-meteorológicos (ex. evapotranspiração, albedo superficial, temperatura superficial, radiação solar, precipitação etc.). O sistema de difusão em tempo real GEONETCast representa uma rede global de comunicação baseada em satélite, para distribuir dados de origem espacial aérea ou in situ, meta dados e produtos para diversas comunidades. Os parâmetros agro-meteorológicos estimados por satélite significam uma capacidade completa de observação espacialmente densa para avaliar a produção regional potencial da vegetação (Barbosa et al., 2006; Barbosa et al., 2009). Com uma abordagem com Sistema de Informação Geográfica (SIG), isto fornece um arcabouço para incluir na análise a informação sobre os parâmetros meteorológicos que influenciam a safra.

### 6.1.4. Cultivos de cana de açúcar no Brasil

A produção agrícola no semi-árido brasileiro é caracterizada por agricultura de sobrevivência, extensiva e de baixo investimento, focada nos impactos limitantes das políticas e dos riscos hidrológicos. Como consequência, a produtividade em termos agrícola, de geração de trabalho, e de recursos naturais tem permanecido baixa, embora o custo ambiental tenha sido alto, especialmente com respeito à degradação da terra, perda de recursos naturais e de biodiversidade. A agricultura é um setor produtivo e social primário nos países latinoamericanos semi-áridos, e forma a base do bem-estar rural e da segurança alimentar, além de formar a plataforma para a mudança estrutural e a decolada econômica em direção ao desenvolvimento e crescimento sócio-econômico sustentáveis. A cana de açúcar é um dos cultivos de maior importância econômica no Brasil. É um cultivo anual com caules sólidos e segmentados, e a sua fotossíntese é eficiente e o seu crescimento rápido. O Brasil é o maior produtor de cana de açúcar, que é usada na produção açucareira, de etanol, de misturas gasolina-etanol para combustível de transporte.

## 6.2. Objetivos da aplicação

### 6.2.1. Objetivos gerais

O objetivo geral desta aplicação é aumentar a importância da modelagem de cultivos para a estimativa da produtividade de cana de açúcar no Brasil por meio da incorporação de produtos de satélite e de sensoriamento remoto para estimar a produtividade de cultivos de cana. Diversos produtos feitos sob medida e compatíveis com SIG são gerados e integrados para quantificar a produtividade de cana de açúcar.

### 6.2.2. Objetivo específico

Nesta aplicação são usados produtos disseminados por GEONETCast (NDVI S–10, SPOT Vegetation DMP e ETp) para desenvolver uma abordagem baseada em sensoriamento remoto para melhorar a estimativa de produtividade da cana de açúcar para o município de Coruripe, Alagoas, Brasil. O estudo é conduzido no período de Abril a Agosto, 2010. A produtividade da cana de açúcar é obtida em 9 passos computacionais.

## 6.3. Dados utilizados

### 6.3.1. Dados locais/regionais (in-situ)

A aplicação tem como foco a plantação de cana de açúcar em todo o município de Coruripe, Alagoas, Brasil. Os parâmetros da cana de açúcar utilizados são:

- BF = Fator de Respiração (0.5 para temperaturas  $\geq 20^{\circ}\text{C}$  e 0.6 para temperaturas  $<20^{\circ}\text{C}$ ), segundo Gouvêa (2008);
- APF = Fator de Produtividade Agrícola (Agricultural Productivity Factor) (2.9), segundo Ruddorf (1985);
- $K_y$  = Fator de resposta da colheita (Yield response factor), segundo Doorenbos et al (1979);
- $K_c$  = Coeficiente do cultivo (Crop Coefficient)

O coeficiente do cultivo é definido como a razão entre evapotranspiração do cultivo ( $E_{tc}$ ) e a evapotranspiração de referência ( $E_{T0}$ ).  $K_c$  é específico ao cultivo e depende do seu estágio de crescimento. A evapotranspiração do cultivo em qualquer momento durante a estação de crescimento é o produto da evapotranspiração de referência e o coeficiente do cultivo, e é expresso por:  $E_{Tc} = E_{T0} * K_c$ . Coeficientes de cultivo foram desenvolvidos para quase todos os cultivos por meio da medição do seu consumo de água com lisímetros, que é dividido pela evapotranspiração de referência para cada dia durante a estação de crescimento.

### 6.3.2. Produtos usados do GEONETCast

Os seguintes dados distribuídos por GEONETCast foram usados para o período de Abril a Agosto, 2010:

- Imagens de sensoriamento remoto: SPOT Vegetation-2 e SPOT-5, instrumento SEVIRI no METEOSAT-9;
- Produtos baseados em sensoriamento remoto:
  - NDVI S10 (NDVI) e produtividade de matéria seca (Dry Matter Productivity, DMP) tendo uma resolução espacial de 1Km.;
  - Produto LSA-SAF  $E_{Tp}$  para a América do Sul.

A fonte dos dados é a estação de recepção terrestre do GEONETCast, instalada no Laboratório de Análise e Processamento de Imagens (LAPIS), Universidade Federal de Alagoas (UFAL) (veja: <http://www.lapismet.com>) e os produtos SPOT Vegetation são obtidos do arquivo, mantido por VITO (veja: <http://free.vgt.vito.be/>).

## 6.4. Metodologia

Esta aplicação propõe-se a testar uma abordagem de sensoriamento remoto para quantificar estimativas de produtividade de cana de açúcar sobre o município de Coruripe e as estimativas de produtividade da cana de açúcar são computadas para cada pixel do mapa usando imagens NDVI, DMP e  $E_{Tp}$ , aplicando física de balanço radiativo, aerodinâmico e energético em 9 passos computacionais. O fluxograma que representa a metodologia é mostrado na figura 6.1.

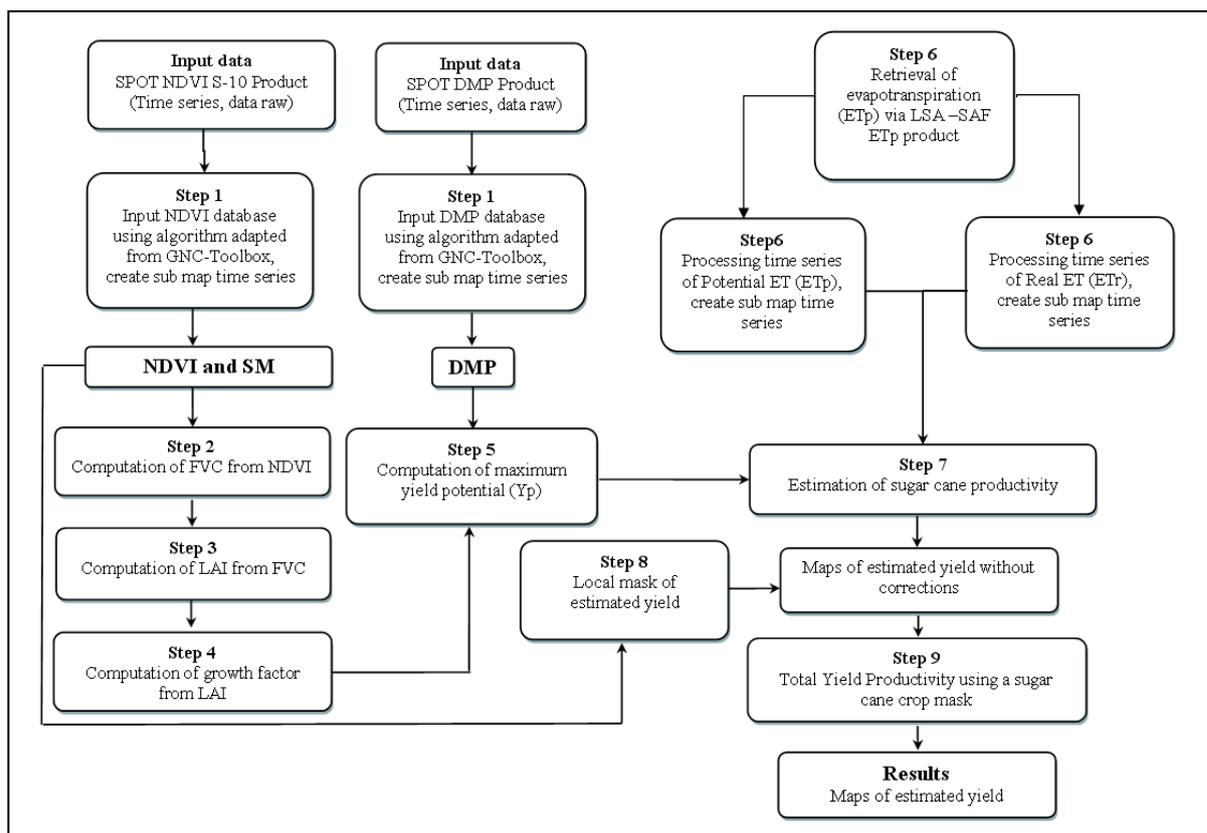


Figura 6.1 Fluxograma da metodologia adotada

## 6.5. Pré-processamento de dados para a quantificação da produtividade de cana de açúcar

Certifique-se de ter descomprimido os dados para o exercício e vá pelo navegador ILWIS para este diretório ativo de trabalho. Feche o ILWIS e abra-o novamente para garantir que o caminho para o seu diretório ativo de trabalho está correto. Para minimizar o volume de dados para este exercício, todas as séries de dados (NDVI, com e sem uma máscara de estado, DMP, ETp\_avg and ETp\_std) foram pré-processados e os submapas para o município de Coruripe foram criados. Os passos do pré-processamento são descritos na próxima seção.

### 6.5.1. Passo 1: Dando entrada aos dados NDVI e DMP usando o algoritmo adaptado da Caixa de Ferramentas GEONETCast

Para implementar a metodologia de importação das séries de dados raster de NDVI e DMP para o ILWIS, rotinas específicas, disponíveis na Caixa de Ferramentas GEONETCast, são adaptadas para importação. Durante a importação foi aplicada a máscara de status, para reter apenas os valores do mapa que satisfazem os critérios dos “flag”, como ausência de nuvens, pixels terrestres, boa qualidade radiométrica nas bandas Vermelha (RED) e Infra-Vermelho Próximo (NIR). Para maiores detalhes veja também o Capítulo 4.5.1.2 e também Maathuis et al, 2011.

Abra a lista de mapas “NDVI\_Coruripe\_Apr\_Aug” e exiba a série temporal com uma seqüência animada de mapas, usando como Representação “NDVI1”. Note que há 15 mapas e cada um representa uma média de dezena de NDVI, calculada pelo algoritmo de composto de valor máximo (Maximum Value Composite Algorithm). A camada 1 do mapa representa a 1ª dezena de Abril de 2010 e a camada 15 é a última dezena de August 2010. Mova o cursor do mouse, mantendo o botão direito pressionado, sobre a janela ativa do mapa e veja os valores. Do menu da janela ativa do mapa, selecione a opção “Layers => Add Layer” e selecione o “Polygon Map” “coruripe”, na janela “Display Options” desselecione “Info” e selecione a opção “Boundary Only” e pressione “OK” para ver as fronteiras municipais. Feche a janela ativa do mapa e agora exiba a série temporal “NDVI\_SM” de maneira análoga. Aqui os “flags” de status foram aplicados, e os pixels que não os satisfizeram tiveram seu valor re-atribuído como “no-data”, representado por um “?”.

### 6.5.2. Step 2: Cálculo do FVC a partir de NDVI

O FVC é o único parâmetro biofísico que determina a partição das contribuições do solo nu e da vegetação para a evapotranspiração da superfície, fotossíntese, albedo e outros fluxos cruciais para as interações terra-atmosfera. O NDVI precisa ser convertido a FVC. Aqui se faz uso da fórmula proposta por Muñoz et al (2005), veja equação 1. Será usada a série temporal de NDVI, corrigida com uso do “flag”

$$FVC = 1.1101 * NDVI - 0.0857 \quad (\text{Eq 1})$$

Para fazer este cálculo para cada um dos mapas NDVI pertencentes à série temporal, abra no menu principal do ILWIS a opção “Operations => Raster Operations => MapList Calculation” e forneça as informações conforme mostrado na figura 6.2.

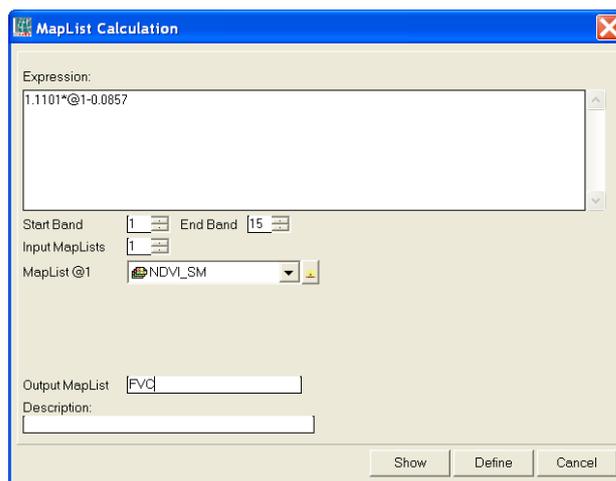


Figura 6.2 Cálculo do FVC de uma série temporal do NDVI

Pressione “Show” para executar a operação, exiba a série temporal resultante como uma seqüência animada, use a Representação “fvc” e verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito apertado, sobre a janela ativa do mapa.

### 6.5.3. Step 3: Computation of LAI from FVC

O LAI, definido como a área foliar total (considerando apenas um lado da foliar) por unidade de área do solo, é um dos mais importantes parâmetros de caracterização do dossel. Por ser o índice que quantifica mais diretamente a estrutura do dossel, é altamente relacionado a uma variedade de processos do dossel, como evapotranspiração, interceptação, fotossíntese e respiração. O FVC é convertido a LAI por meio de uma fórmula proposta por Norman et al (2003), veja a equação 2.

$$LAI = -2Ln(1 - FVC) \quad (\text{Eq 2})$$

Para fazer este cálculo para cada um dos mapas NDVI pertencentes à série temporal, abra no menu principal do ILWIS a opção “Operations => Raster Operations => MapList Calculation” e forneça informações conforme mostrado na figura 6.3.

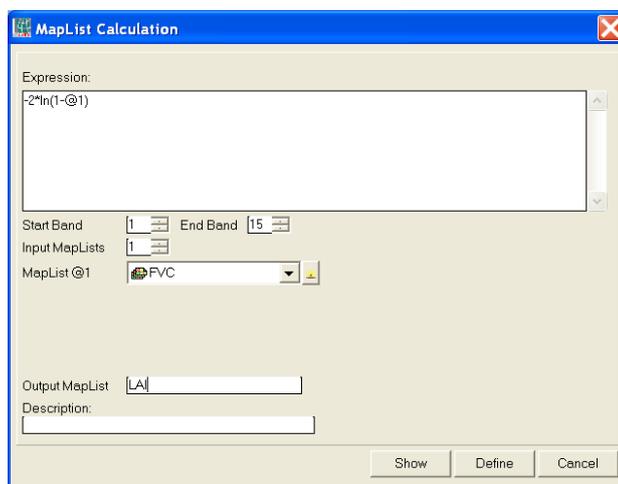


Figura 6.5 Cálculo da lista de Mapas LAI para obter LAI

Pressione “Show” para executar a operação, exiba a série temporal resultante como uma seqüência animada, use a Representação “lai” e verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito pressionado, sobre a janela ativa do mapa. Verifique o histórico da linha de comando do menu principal do ILWIS, pressionando o botão de “drop down” à direita da mesma. Note o texto usado na linha de comando para criar a série temporal do LAI:

```
LAI.mpl = maplistcalculate("-2*ln(1-@1)",0,14,FVC.mpl)
```

Verifique a expressão, compare-a com a figura 6.2. Note nas seções a seguir que as expressões para cálculo das listas de mapa são dadas.

### 6.5.4. Passo 4: Cálculo do fator de crescimento a partir do LAI

Evidências experimentais indicam que a taxa de crescimento de várias espécies de cultivos agrícolas aumenta linearmente com o LAI, quando a água e os nutrientes do solo não são limitantes (Doorenbos and Kassam, 1979). Berka et al (2003) desenvolveu uma abordagem simples para derivar a taxa de crescimento a partir do LAI, veja a equação 3.

$$CGF = 0,515 - e^{(-0,667-(0,515*LAI))} \quad (\text{Eq 3})$$

Onde:  $CGF$  = Corrected Growth Factor (Fator de Crescimento Corrigido) e  $LAI$  = Leaf Area Index (Índice de Área Foliar).

Para derivar o (CGF), digite a seguinte equação na linha de comando do ILWIS:

```
CGF.mpl:=maplistcalculate("0.515-exp(-0.667-(0.515*@1))",0,14,LAI.mpl)
```

Pressione “Enter” para executar a operação, exiba a série temporal de CGF resultante como uma seqüência animada, use a Representação “Pseudo” e verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito pressionado, sobre a janela ativa do mapa.

#### 6.5.5. Passo 5: Cálculo de potencial máximo de safra (yield potential, $Yp$ )

A equação final para este cálculo é baseada em outra, que inclui a fração evaporativa corrigida, fator de crescimento corrigido (CGF), o fator de respiração (BF), o fator de produtividade agrícola (APF) e a produtividade de matéria seca (DMP).

$$Yp = CGF * BF * APF * DMP \quad (Eq\ 4)$$

Onde  $Yp$  é o potencial máximo de colheita ( $kg\ ha^{-1}$ ), BF é 0.5 para temp.  $\geq 20^{\circ}C$  e 0.6 para temp  $<20^{\circ}C$ , APF (2.9) é calculado como descrito em Rudorff (1985) e DMP é derivado dos dados de Spot-Vegetation. Em primeiro lugar visualize a série temporal “DMP\_04\_08\_coruripe” como uma seqüência animada, usando como Representação “Pseudo” e verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito pressionado, sobre a janela ativa do mapa. Mais informações sobre este produto podem ser encontradas em Bartholomé (2006), a unidade é  $kg/matéria\ seca/ha/dia$ . Depois de visualizar a seqüência animada, feche a animação.

Para calcular o potencial máximo de safra para cada passo temporal, digite a expressão abaixo no menu principal do ILWIS:

```
Yp.mpl:=maplistcalculate("@1*0.5*10*2.9*@2",0,14,CGF.mpl,DMP_04_08_Coruripe.mpl)
```

Pressione “Enter” para executar a operação, exiba a série temporal de CGF resultante como uma seqüência animada, use a Representação “Pseudo” e verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito pressionado, sobre a janela ativa do mapa. Note que o fator 10 na expressão acima é usada para converter de  $kg/matéria\ seca/ha/dia$  para  $kg/matéria\ seca/ha/dezena$ !

#### 6.5.6. Passo 6: Estimativa de evapotranspiração ( $ET_p$ ) por meio do produto LSA –SAF $ET_p$

O coeficiente do cultivo é definido como a razão entre a sua evapotranspiração  $ET_r$  e a evapotranspiração de referência  $ET_p$ .  $K_c$  é específico ao estágio de crescimento do cultivo, veja detalhes na tabela 6.1. A evapotranspiração em qualquer momento da estação de crescimento é o produto da evapotranspiração de referência pelo coeficiente do cultivo, como dado na equação 5.

$$ET_r = ET_p * K_c \quad (Eq\ 5)$$

Coefficientes foram calculados para quase todos os cultivos, medindo o seu consumo de água com lisímetros e dividindo este consumo pela evapotranspiração de referência para cada dia durante a estação de crescimento de 2009/2010 (segundo Toledo Filho, 1988).

Espécies de Culturas em Alagoas Dias		Crescimento da Cultura	Coefficientes da Cultura(Kc)
<b>CANE PLANT</b>	<b>CANE SOCA</b>		
0 – 60	0 – 60	10% of desenvolvimento	0,25
60 – 300	60 – 300	Greenup	1,65
300 – 450	300 – 360	Senescent / Harvest	1,18

**Tabela 6.1- K<sub>c</sub> para vários estágios de crescimento da cultura**

Por meio do uso dos recém desenvolvidos produtos LSA-SAF, pode-se agora obter medidas freqüentes e precisas de diversos parâmetros agro-meteorológicos básicos (ex. albedo superficial, temperatura superficial, evapotranspiração). Os parâmetros agro-meteorológicos estimados por satélite têm várias vantagens se comparados aos estimados usando a rede dispersa de observações meteorológicas de superfície.

Abra a lista de mapas “ET<sub>p\_avg</sub>” e exiba a série temporal como uma seqüência animada, usando como Representação “Pseudo”. Esta lista de mapas foi compilado processando o produto LSA\_SAF ET a cada 30 minutos, entre 1 de abril e 31 de agosto de 2010. Todos os produtos foram adicionados em base diária, corrigidos para o intervalo. O produto é expresso em unidades de mm/hr, mas o passo no tempo é de 30 minutos (assim, a soma diária é dividida por 2). Os produtos diários foram somados e tiveram suas médias calculadas por dezena. O desvio padrão foi também calculado e agregado para obter o desvio padrão decadal. Esta lista de mapas chama-se “ET\_std”. Exiba-a usando também a Representação “Pseudo”.

Para obter o valor de evapotranspiração do cultivo, foi utilizada a série temporal de dados ET<sub>p\_avg</sub> e ET\_std e adotado o seguinte procedimento:

Para os meses de abril, maio e junho o valor adotado para o coeficiente de cultivo foi de 1.68:

$$ET_r = (ET_{p\_avg} - ET\_std) * 1.68 \quad (\text{Eq. 6})$$

Para os mese de julho e agosto o valor adotado para o coeficiente de cultivo foi de 1.18:

$$ET_r = (ET_{p\_avg} - ET\_std) * 1.18 \quad (\text{Eq. 7})$$

Digite as seguintes equações na linha de comando do menu principal do ILWIS e pressione enter e “OK” para executar as operações:

ETr1:=(etp\_avg\_0401\_coruripe- et\_0401\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr2:=(etp\_avg\_0402\_coruripe- et\_0402\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr3:=(etp\_avg\_0403\_coruripe- et\_0403\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr4:=(etp\_avg\_0501\_coruripe- et\_0501\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr5:=(etp\_avg\_0502\_coruripe- et\_0502\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr6:=(etp\_avg\_0503\_coruripe- et\_0503\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr7:=(etp\_avg\_0601\_coruripe- et\_0601\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr8:=(etp\_avg\_0602\_coruripe- et\_0602\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr9:=(etp\_avg\_0603\_coruripe- et\_0603\_stddeviation\_coruripe)\*1.68

ETr10:=(etp\_avg\_0701\_coruripe- et\_0701\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

ETr11:=(etp\_avg\_0702\_coruripe- et\_0702\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

ETr12:=(etp\_avg\_0703\_coruripe- et\_0703\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

ETr13:=(etp\_avg\_0801\_coruripe- et\_0801\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

ETr14:=(etp\_avg\_0802\_coruripe- et\_0802\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

ETr15:=(etp\_avg\_0803\_coruripe- et\_0803\_stddeviation\_coruripe)\*1.18

Uma vez feitos todos os cálculos, uma nova lista de mapas precisa ser criada. Do menu principal do ILWIS, selecione “File => Create => MapList” e adicione todos os recém criados mapas de ETr\* em ordem seqüencial, à listagem à direita, usando o ícone “>”. Especifique como nome da lista de mapas “ETr” e pressione “OK”. Exiba a recém criada lista de mapas como uma seqüência animada, usando como Representação “Pseudo”, verifique os valores obtidos.

#### 6.5.7. Passo 7: Estimativa de produtividade de cana de açúcar

A estimativa da safra de cana de açúcar durante a estação de crescimento, em base **decadal**, é feita usando um modelo agro-meteorológico (Equação 8), seguindo o Doorenbos e Kassam (1979):

$$Ye = Yp \left[ 1 - ky \left( 1 - \frac{ET_r}{ET_p} \right) \right] \quad (\text{Eq 8})$$

onde Ye é a safra estimada (kg ha-1), Yp é a safra máxima (kg ha-1), ky é o fator de resposta da safra descrito em (Doorenbos and Kassam, 1979); ETr é a evapotranspiração (mm) e ETp a evapotranspiração máxima (mm). A safra máxima (Yp) é determinada pelas características genéticas do cultivo e o grau da sua adaptação ao ambiente (Doorenbos and Kassam, 1979). Os fatores ky aqui utilizados são 1.2 para abril, 1.3 para maio, 1.2 para junho, 1.1 para julho e 1.1 para agosto. Para calcular a safra estimada é preciso inserir a equação abaixo na linha de comando do menu principal do ILWIS:

$$Ye1:=Yp\_1*(1-1.2*(1-(ETr1/etp\_avg\_0401\_coruripe)))$$

Na janela de definição do mapa raster (Raster Map Definition window), configure o valor mínimo do intervalo para “0” e a precisão (“Precision”) para “0.01” e pressione “OK” para executar a operação. Exiba o mapa calculado e verifique os valores obtidos. Note que cada pixel representa uma área de 1 km<sup>2</sup> e a safra estimada é expressa em kg ha-1! Repita os cálculos de Ye para as outras dezenas usando o conjunto de equações a seguir (note a mudança de Yp), mantenha em “0” o valor mínimo do mapa e use como precisão “0.01”:

$$\begin{aligned} Ye2 &:= Yp\_2*(1-1.2*(1-(ETr2/etp\_avg\_0402\_coruripe))) \\ Ye3 &:= Yp\_3*(1-1.2*(1-(ETr3/etp\_avg\_0403\_coruripe))) \\ Ye4 &:= Yp\_4*(1-1.3*(1-(ETr4/etp\_avg\_0501\_coruripe))) \\ Ye5 &:= Yp\_5*(1-1.3*(1-(ETr5/etp\_avg\_0502\_coruripe))) \\ Ye6 &:= Yp\_6*(1-1.3*(1-(ETr6/etp\_avg\_0503\_coruripe))) \\ Ye7 &:= Yp\_7*(1-1.2*(1-(ETr7/etp\_avg\_0601\_coruripe))) \\ Ye8 &:= Yp\_8*(1-1.2*(1-(ETr8/etp\_avg\_0602\_coruripe))) \\ Ye9 &:= Yp\_9*(1-1.2*(1-(ETr9/etp\_avg\_0603\_coruripe))) \\ Ye10 &:= Yp\_10*(1-1.1*(1-(ETr10/etp\_avg\_0701\_coruripe))) \\ Ye11 &:= Yp\_11*(1-1.1*(1-(ETr11/etp\_avg\_0702\_coruripe))) \\ Ye12 &:= Yp\_12*(1-1.1*(1-(ETr12/etp\_avg\_0703\_coruripe))) \\ Ye13 &:= Yp\_13*(1-1.1*(1-(ETr13/etp\_avg\_0801\_coruripe))) \\ Ye14 &:= Yp\_14*(1-1.1*(1-(ETr14/etp\_avg\_0802\_coruripe))) \\ Ye15 &:= Yp\_15*(1-1.1*(1-(ETr15/etp\_avg\_0803\_coruripe))) \end{aligned}$$

Uma vez feitas todas as operações, uma nova lista de mapas precisa ser criada. Do menu principal do ILWIS selecione “File => Create => MapList” e adicione todos os recém criados mapas de Ye\*, em ordem seqüencial à listagem à direita, usando o ícone “>”. Especifique como nome da lista de mapas “Ye” e pressione “OK”. Exiba a recém criada lista de mapas “Ye” como uma seqüência animada, usando como Representação “Pseudo”, verifique os valores obtidos. Feche todas as janelas ativas dos mapas.

### 6.5.8. Passo 8: Máscara local de safra estimada

A lista de mapas de safra estimada (Ye) resultante deve ser sobreposta à máscara das fronteiras municipais de Coruripe. Clique com o botão direito no mapa de polígono “coruripe” e, do menu sensível a contexto, selecione a opção ”Polygon to Raster”, como GeoReference selecione “CFG\_Coruripe\_Apr\_Aug\_1”, não altere o nome “default” do mapa raster de saída e pressione “Show”. Exiba o mapa e observe o seu conteúdo. Feche o mapa, clique com o botão direito no mapa raster “coruripe” e, do menu sensível a contexto, selecione a opção “Properties”. Note que o domínio é aqui especificado com o identificador (Identifier) “coruripe” e seu o conteúdo “1” é um identificador, mas não um valor. Para que cálculos possam ser feitos com este mapa, é preciso atribuir-lhe valores. Digite a expressão seguinte na linha de comando do menu principal do ILWIS:

```
mask:=iff(coruripe="1",1,0)
```

Note que a partir da janela de definição do mapa raster (Raster Map Definition window) o domínio agora contém um valor. Pressione “OK” para executar a operação. Exiba o mapa “Mask” e observe o conteúdo. Podemos agora usar a máscara para extrair o valor de “Ye” para o município de Coruripe. Digite a seguinte expressão na linha de comando do menu principal do ILWIS:

```
Ye_Coruripe.mpl:=maplistcalculate("iff(mask=1,@1,?)",0,14,Ye.mpl)
```

Pressione “Enter” para executar a operação, exiba a série temporal resultante “Ye\_Coruripe” como uma seqüência animada, usando como Representação “Pseudo”, verifique os valores obtidos passando o mouse, com o botão direito pressionado, sobre a janela de exibição ativa.

### 6.5.9. Passo 9: Produtividade Total da Safra usando a máscara do cultivo de cana de açúcar

A série temporal “Ye\_Coruripe” corresponde à safra estimada de cana de açúcar, em base dezenal. Para estimar a Produtividade Total da Safra para toda a série temporal, cada dezena da lista de mapas Ye\_Coruripe deve ser acumulada. Entre com a seguinte expressão na linha de comando para obter a soma da série temporal e pressione enter para executar a the operação:

```
Ye_sum:=MapMaplistStatistics(Ye_Coruripe.mpl, Sum, 0, 14)
```

Finalmente, para estimar a produtividade total da safra, a quantidade média da água (76 %) sem estresse, é adicionada à cana de açúcar, e o peso inicial dos caules durante o plantio deve ser também adicionado (aqui o valor de 15 ton/ha é utilizado). Entre com a seguinte expressão na linha de comando para obter a Produtividade Total da Safra, e pressione enter para executar a operação:

```
Ye_total:=Ye_sum*1.76+15000
```

Clique com o botão direito no mapa de polígono “sugarcane\_mask” e, do menu sensível a contexto, selecione a opção ”Polygon to Raster”, como GeoReference selecione “CFG\_Coruripe\_Apr\_Aug\_1”, não altere o nome “default” do mapa raster de saída e pressione “Show”. Exiba o mapa e observe o seu conteúdo.

Abra, no menu principal do ILWIS a opção “Operations => Raster Operations => Cross”. Selecione o mapa raster com a produtividade total da safra, aqui chamado “Ye\_total”, como primeiro mapa “1st Map”. Selecione o mapa raster “sugarcane\_mask” como segundo mapa “2nd Map”. Digite “yield\_mask” como tabela de saída “Output Table” e pressione “Show”. Observe o conteúdo da tabela cruzada. A figura abaixo mostra os resultados finais da análise, usando as fronteiras municipais e a máscara de cana de açúcar, sobrepostas ao mapa Ye\_total.

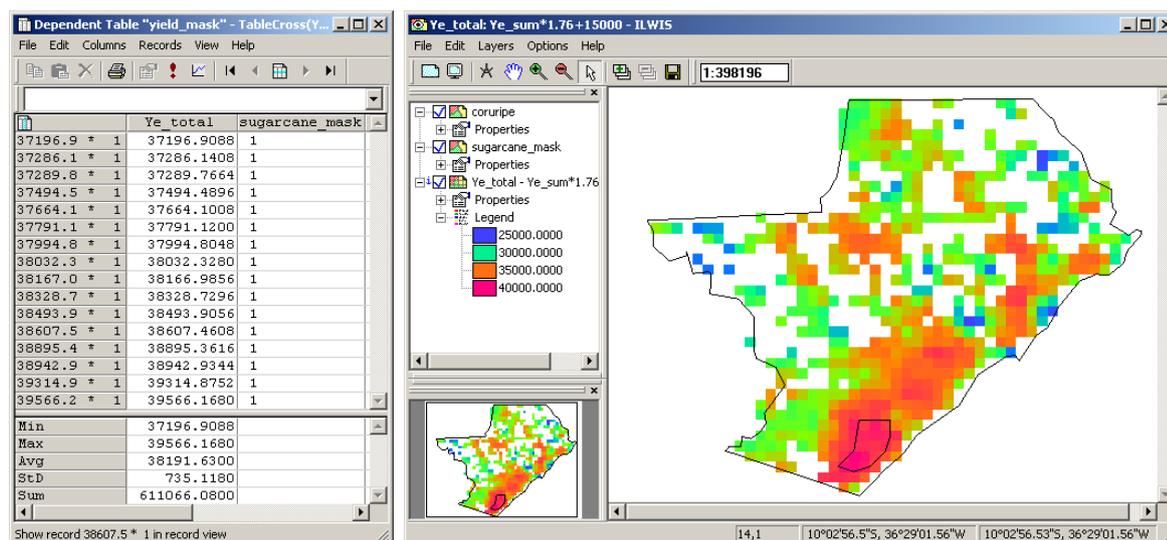


Figura 6.9 Ye-total para a área de Cururipe e resultados cruzados usando a máscara decadal de açúcar.

## 6.6. Sumário e Conclusões

Neste exercício, os dados GEONETCast–EUMETCast (NDVI S-10, DMP SPOT and ETo) são aplicados para testar a abordagem de sensoriamento remoto para melhorar a estimativa de Produção total da safra no município de Coruripe. O teste é desempenhado para o período de abril a agosto, 2010 e a produtividade de cana de açúcar é derivada em nove passos computacionais.

Os resultados mostram que a metodologia adotada tem três vantagens distintas com relação ao método “ $kc \times ETo$ ” geralmente aceito para calcular ET. A primeira vantagem é que a área de utilização de água é obtida diretamente dos produtos de satélite, então uma medida precisa de uso da terra fica implícita no processo. Em segundo lugar, existe a necessidade de incorporar um tipo de mapa de cultivo para resolver o balanço de energia, de forma que registros precisos da distribuição espacial do cultivo não são necessários. Estas características superam a dificuldade típica de reunir registros precisos das áreas irrigadas e da distribuição espacial do cultivo, especialmente as análises históricas. Em terceiro lugar, o produto LSA-SAF ETo (agregado) pode ser importado para o SIG para a análise espacial, sozinho ou em combinação com dados de uso da terra e outros dados espaciais, dando conta, inerentemente, dos efeitos da salinidade, do déficit de irrigação ou da falta água, doenças, estandes de plantas pobres e outras influências que reduzem ET. Estas influências são difíceis de levar em conta usando o cálculo padrão de “ $kc \times ETo$ ”. Além disto, as ferramentas de software demonstraram grande flexibilidade e facilidade de uso.

Os resultados apresentados nesta pesquisa mostram que os valores de produção de cana de açúcar estiveram entre 37 e 40 ton/ha por município durante o período de teste. A área por fim selecionada mostra valores significativamente maiores. Esta é uma primeira indicação de onde a cana de açúcar pode ser colhida. Os resultados são animadores, embora seja encontrada uma alta variabilidade na produção dos cultivos, sugerindo a necessidade de ajustes para transformar o esquema original, baseado em dados de satélite, em estimativas de parâmetros agrometeorológicos baseadas em satélite. Mais estudos são necessários para analisar estes resultados em maior detalhe, já que estes dependem, por exemplo, na resolução espacial dos dados de fundo de entrada), do seu conteúdo físico e de muitos outros fatores. Além disto, existe a necessidade de usar séries de dados mais longas e analisar com maior detalhe a resposta temporal de, por exemplo, o DMP na área de estudo. Este resultado representa um primeiro passo adiante rumo ao uso operacional do ILWIS no Brasil, usando NDVI S-10, DMP SPOT e ETo para estimativas operacionais de produtividade de cana de açúcar. Esta avaliação preliminar demonstra que a metodologia proposta é factível, além da sua utilidade em áreas homogêneas com as mesmas características e para focar nos fatores de controle e incorporar a informação local a fim de possibilitar melhor calibração do modelo e com isto a melhoria dos resultados.

---

## REFERENCES

---

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56. 300p.
- Bartholomé, E. (editor) (2006): VGT4Africa user manual. 1st edition. EUR 22344 EN, European Communities. Available online at <http://www.devcoast.eu/ViewContent.do?pageId=40>.
- Berka, L.M.S., Rudorff, B.F.T., Shimabukuro, Y.E. (2003): Soybean yield estimation by an agrometeorological model in a GIS. *Scientia Agricola*, v.60, p.433-440.
- Barbosa, H.; Huete, A; Baethghen, W. (2006): A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, 67, 288-307.
- Barbosa, H. A. (2009): Linking sustainable indices and climate variability in the State of Ceará, Northeast Brazil. In: The Future of Drylands, 6, 435-445, DOI: 10.1007/978-1-4020-6970-3\_40.
- Choudhury, B.J., Ahmed N.U., Idso S.B., Reginato R.J., Daughtry, C.S.T. (1994): Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. *Remote Sensing of Environment*, v.50, p.1-17.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1979): Yield response to water. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO – Irrigation and Drainage Paper no. 33, 193 p.
- Gouvêa, J.R.F. (2008): Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos da cultura de cana-de-açúcar na região de Piracicaba – SP. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 99 p.
- Muñoz, J. C. J.; Sobrino, J.A. Guanter, L.; Moreno, J.; Plaza, A.; Matínez, P. (2005): Fractional Vegetation Cover Estimation from Proba/CHRIS Data: Methods, Analysis of Angular Effects and Application to the Land Surface Emissivity Retrieval. *Proc. 3rd ESA CHRIS/PROBA Workshop*, ESRIN, ESA SP-593, Frascati, Italy, June 2005
- Maathuis, B., Mannaerts, C.; Retsios, B., Schouwenburg, M. and Lemmens, R. (2011): GEONETCast Toolbox. Installation, configuration and user guide of the GEONETCast Toolbox plug-in for ILWIS 3.7, XML version 1.2. ITC. Enschede, The Netherlands. 2011. <http://52north.org/downloads/earth-observation/geonetcast/toolbox>
- Norman, J.M., Anderson, M.C., Kustas, W.P., French, A.N., Mecikalski, J., Torn, R., Diak, G.R., Achmugge, T.J. (2003): Remote Sensing of Evapotranspiration for Precision-Farming Applications. In: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Toulouse. Proceedings IGARSS 2003 – Organizing Committee, 2003. p. 21-25.
- Rudorff, B.F.T. (1985): Dados Landsat na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos. 114 p.
- Toledo Filho, M.R. (1988): Probabilidade de suprimento da demanda hídrica ideal da cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) através da precipitação pluvial na zona canavieira do estado de Alagoas. 1988.72f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.